



TESIS TE142599

**KLASIFIKASI KUALITAS MADU LEBAH DENGAN
PERPADUAN POLARIMETER-ELECTRONIC NOSE DAN
SUPPORT VECTOR MACHINE**

Rizki Anhar Ramadhan Putra
2213204901

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN ELEKTRONIKA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016



THESIS TE142599

CLASSIFICATION OF QUALITY OF HONEY BEE BY USING POLARIMETER-ELECTRONIC NOSE AND SUPPORT VECTOR MACHINE

Rizki Anhar Ramadhan Putra
2213204901

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

MAGISTER PROGRAM
FIELD STUDY OF ELECTRONIC ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)**

di

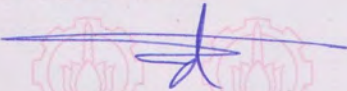
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

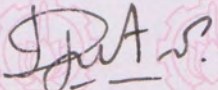
**Rizki Anhar Ramadhan Putra
Nrp. 2213204901**

**Tanggal Ujian : 7 Januari 2016
Periode Wisuda : Maret 2016**

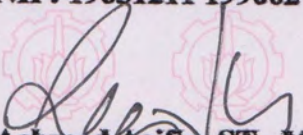
Disetujui oleh:


**1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
NIP: 19690426 199403 1 003**

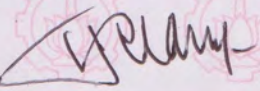
(Pembimbing)


**2. Ir. Djoko Purwanto, M.Eng., Ph.D.
NIP: 19651211 199002 1 002**

(Penguji)


**3. Achmad Arifin, ST., M.Eng., Ph.D.
NIP: 19710314 199702 1 001**

(Penguji)


**4. Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT.
NIP: 19700212 199512 1 001**

(Penguji)


**5. Ronny Mardiyanto, ST., MT., Ph.D.
NIP: 19810118 200312 1 003**

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,


**Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D
NIP: 19601202 198701 1 001**

KLASIFIKASI KUALITAS MADU LEBAH DENGAN PERPADUAN POLARIMETER-ELECTRONIC NOSE DAN SUPPORT VECTOR MACHINE

Nama Mahasiswa : Rizki Anhar Ramadhan Putra
NRP : 2213204901
Pembimbing : Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

ABSTRAK

Madu adalah zat manis alami yang dihasilkan lebah dengan bahan baku nektar bunga yang mengandung aneka zat gizi seperti karbohidrat, protein, asam amino, vitamin, mineral, pigmen tumbuhan dan komponen aromatik. Karena mempunyai nilai ekonomis yang cukup tinggi serta mengandung zat-zat yang unik, maka sering terjadi pemalsuan madu. Madu dapat dipalsukan dengan berbagai cara yaitu dengan mencampur komponen-komponen pemanis buatan alami atau dengan memberikan gula pasir (sukrosa) ke dalam madu, sehingga berbahaya bila diberikan pada bayi atau orang yang menderita penyakit diabetes Mellitus. Pada penelitian ini telah dirancang dan dibuat alat untuk mengetahui kualitas madu menggunakan polarimeter dan deret sensor gas (*electronic nose*). Hal ini didasarkan pada pemutaran bidang polarisasi cahaya dimana fruktosa dan glukosa memutar bidang polarisasi dengan besar dan arah yang berbeda. Sedangkan deret sensor gas tin oxide semiconductor digunakan untuk mendeteksi kandungan uap yang mudah menguap pada madu. Tiga jenis madu digunakan untuk sampel penelitian yaitu madu randu, kopi dan karet. Pada hasil pengujian, identifikasi aroma madu menggunakan electronic nose dan support vector machine memiliki tingkat keberhasilan 73,33%. Sedangkan perpaduan sistem electronic nose-polarimeter dan support vector machine untuk mengidentifikasi kualitas madu memiliki tingkat keberhasilan 66,67%.

Kata kunci: Kualitas Madu, Polarimeter, Electronic Nose, Support Vector Machine

CLASSIFICATION QUALITY OF HONEY BEE BY USING POLARIMETER-ELECTRONIC NOSE AND SUPPORT VECTOR MACHINE

Student Name : Rizki Anhar Ramadhan Putra
Student Identity Number : 2213204901
Supervisor : Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

ABSTRACT

Honey is a natural sweetener produced by bees with the nectar of raw materials containing various nutrients such as carbohydrates, proteins, amino acids, vitamins, minerals, plant pigments and aromatic components. Because it has a fairly high economic value and contains unique substances, then often occurs adulteration of honey. Honey can be fabricated in various ways items, namely by mixing the components of natural or artificial sweeteners to give sugar (sucrose) into honey, so its dangerous when given to baby or people who suffer from diabetes mellitus. This study has been designed and created a tool to determine the quality of honey using a polarimeter and a series of gas sensors (electronic nose). In this research has been designed and created a system to determine the quality of honey using a polarimeter and a series of gas sensors (electronic nose). It was based on the playing field of the polarization of the light in which fructose and glucose rotate the plane of polarization with a large and a different direction. Meanwhile series of tin oxide semiconductor gas sensor is used to detect the content of volatile vapors in honey. Three types of honey used for research samples silk-cotton honey, coffee and rubber. On the test results, odor of honey bee identification using an electronic nose and support vector machine has a success rate 73.33%. While using electronic nose system-polarimeter and support vector machine to identify the quality of honey bee has a success rate 66.67%.

Keywords: Quality of Honey Bee, Polarimeter, Electronic Nose, Support Vector Machine

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas segala nikmat-Nya lah tesis ini dapat diselesaikan. Tesis berjudul “Klasifikasi Kualitas Madu Lebah Dengan Perpaduan Polarimeter-Electronic Nose Dan Support Vector Machine” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik (MT) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak, Ibu, kakak, serta seluruh keluarga yang memberikan dukungan baik moril maupun materiil.
2. Bapak Dr. Muhammad Rivai, ST, MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran dan bantuan.
3. Bapak Achmad Arifin, ST., MT., Ph.D. selaku koordinator program Pasca Sarjana Bidang Studi Elektronika.
4. Bapak Ir. Djoko Purwanto, M.Eng., Ph.D selaku koordinator program Pasca Sarjana jurusan Teknik elektro.
5. Bapak Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT, Bapak Ronny Mardiyanto S.T., M.T., Ph.D dan seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Elektro lainnya yang telah banyak memberikan ilmu selama penulis menempuh perkuliahan.
6. Faraha Pambayun Julismana dan Tonny Feriandi, ST atas segala bantuan dan sumbangan pikiran dan tenaga dalam menyelesaikan tesis ini.
7. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah mendanai seluruh biaya kegiatan selama mengikuti proses pendidikan.
8. Teman-teman laboratorium Elektronika yang tidak dapat disebutkan satu persatu, telah membantu proses pengerjaan tugas akhir ini.

Pada akhirnya, penulis menyadari bahwa tesis ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bagi masyarakat.

Surabaya, 20 Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Dan Manfaat Penelitian	2
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	3
2.1. Definisi, Kandungan, dan Jenis Madu	3
2.2. Klasifikasi Kualitas Madu	4
2.3. Capacitive Sensor Untuk Mendeteksi Pemalsuan Madu	6
2.4. Electronic nose dan Neural Network untuk Klasifikasi Jenis Madu	7
2.5. Cahaya	8
2.6. Polaroid	9
2.7. Motor Stepper	10
2.8. Polarimeter	12
2.9. Sensor Gas Semikonduktor	13
2.10. Electronic Nose	15
2.11. Mikrokontroler STM32f4-Discovery	16
2.12. Pengenalan Pola Support Vector Machine	18
2.13. Diagram Fishbone	21
BAB 3 METODA PENELITIAN	23
3.1. Studi Pustaka dan Literatur	24
3.2. Perancangan Sistem Polarimeter	24
3.2.1. Pembuatan Rangkaian Driver Motor Stepper	25
3.2.2. Pembuatan Rangkaian Polarisator dan Analisator	26

3.2.3.	Pembuatan Tabung Sampel	26
3.2.4.	Perancangan Perangkat Lunak Polarimeter	27
3.3.	Evaluasi Polarimeter	28
3.4.	Perancangan Sistem Electronic-Nose	29
3.4.1.	Pembuatan Rangkaian Deret Sensor Gas	29
3.4.2.	Pembuatan Rangkaian Heater.....	30
3.4.3.	Perancangan Perangkat Lunak Electronic Nose.....	31
3.5.	Evaluasi Electronic-Nose.....	33
3.6.	Penggabungan Sistem Polarimeter dan Electronic-Nose.....	33
3.7.	Pengujian Keseluruhan pada Sampel Acak	33
3.8.	Analisa Data.....	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1.	Pengujian Polarimeter	36
4.1.1.	Kalibrasi Polarimeter	36
4.1.2.	Pengambilan Data Larutan Glukosa dan Fruktosa Standart.....	37
4.1.3.	Pengambilan Data Larutan Gula Tebu (<i>Cane Sugar</i>).....	38
4.1.4.	Pengambilan Data Sampel Madu	39
4.1.5.	Pengambilan Data Sampel Madu Campuran.....	41
4.2.	Pengujian Electronic-Nose.....	41
4.2.1.	Pengujian Sensor Gas Untuk Sampel Madu.....	42
4.2.2.	Pengambilan Pola Tegangan Sensor Gas Untuk Setiap Sampel Madu.....	42
4.2.3.	Pengujian Electronic Nose dengan SVM Untuk Identifikasi Gas ...	45
4.2.4.	Pengambilan Pola untuk Kategori Kualitas Madu	46
4.2.5.	Pengujian Sistem Mengidentifikasi Kualitas Madu	50
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		53
5.1.	Kesimpulan	53
5.2.	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA.....		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Rangkaian Osilator dengan Kapasitor sebagai sensornya, grafik kapasitansi terhadap sampel madu yang dipalsukan	7
Gambar 2.2. Grafik respon sensor MOSFET dan MOS terhadap sampel.....	8
Gambar 2.3. Polarisasi Cahaya.....	9
Gambar 2.4. Lapisan polaroid	9
Gambar 2.5. Motor stepper dengan lilitan unipolar	11
Gambar 2.6 Motor stepper dengan lilitan bipolar	11
Gambar 2.7. Diagram skematik suatu polarimeter	13
Gambar 2.8. Struktur Sensor Gas Semikonduktor	13
Gambar 2.9 Keadaan tanpa gas yang dideteksi.	13
Gambar 2.10. Keadaan gas dideteksi.	14
Gambar 2.11. Sistem monitoring aroma daging berbasis e-nose	15
Gambar 2.12 STM32F4-Discovery.....	17
Gambar 2.13 Hyperlane support vector machine.....	19
Gambar 2.14 Diagram fishbone.....	22
Gambar 3.1. Diagram blok penelitian	23
Gambar 3.2. Ilustrasi sistem polarimeter-electronic nose	24
Gambar 3.3. Tahapan perancangan polarimeter.....	24
Gambar 3.4. Rangkaian driver motor stepper	25
Gambar 3.5. Rangkaian polarisator dan analisator.....	26
Gambar 3.6. Tempat lapisan polaroid	26
Gambar 3.7. Gambaran tabung sampel	27
Gambar 3.8. Tahapan perancangan perangkat lunak polarimeter	27
Gambar 3.9. Perangkat lunak sistem polarimeter.....	28
Gambar 3.10. Tahapan evaluasi sistem polarimeter	28
Gambar 3.11. Tahapan perancangan sistem electronic nose.....	29
Gambar 3.12. Rangkaian deret sensor gas	30
Gambar 3.13. Rangkaian heater	30
Gambar 3.14. Arsitektur SVM untuk identifikasi jenis aroma madu	31

Gambar 3.15. Arsitektur klasifikasi SVM untuk single class	32
Gambar 3.16. Tahapan evaluasi sistem electronic nose	33
Gambar 3.17. Arsitektur SVM untuk identifikasi kualitas madu	34
Gambar 4.1. Bentuk sistem polarimeter-electronic nose yang telah dibuat	35
Gambar 4.2. Tampilan proses kalibrasi polarimeter.....	36
Gambar 4.3. Kurva konsentrasi terhadap rotasi optis larutan standar	37
Gambar 4.4. Kurva konsentrasi terhadap rotasi optis larutan standar	38
Gambar 4.5. Kurva konsentrasi terhadap rotasi optis larutan gula tebu.....	39
Gambar 4.6. Grafik rotasi optik sampel madu	40
Gambar 4.7. Kurva konsentrasi terhadap rotasi optis madu campuran	41
Gambar 4.8. Pengujian sensor gas terhadap sampel madu.....	42
Gambar 4.9. Grafik pola sampel madu yang di normalisasi	44
Gambar 4.10. Grafik pola sampel madu Karet kategori baik.....	48
Gambar 4.11. Grafik pola sampel madu kopi kategori baik.....	48
Gambar 4.12. Grafik pola sampel madu Randu kategori baik	49
Gambar 4.13. Grafik pola sampel madu Karet kategori buruk	49
Gambar 4.14. Grafik pola sampel madu kopi kategori buruk	49
Gambar 4.15. Grafik pola sampel madu randu kategori buruk	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Standar Madu Asli berdasarkan SNI 01-3545-2013	6
Tabel 4.1. Putaran optis larutan glukosa standart	37
Tabel 4.2. Putaran optis larutan madu campuran	38
Tabel 4.3. Putaran optis larutan gula tebu (<i>cane sugar</i>)	39
Tabel 4.4. Putaran optis larutan madu campuran	41
Tabel 4.5. Respon dari madu karet.....	43
Tabel 4.6 Respon dari madu kopi	43
Tabel 4.7. Respon dari madu randu	43
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Sensor Gas Mengidentifikasi Jenis Madu	45
Tabel 4.9. Pola Kualitas Madu Karet Baik	46
Tabel 4.10. Pola Kualitas Madu Kopi Baik	46
Tabel 4.11 Pola Kualitas Madu Randu Baik	47
Tabel 4.12. Pola Kualitas Madu Karet Buruk	47
Tabel 4.13. Pola Kualitas Madu Kopi Buruk	47
Tabel 4.14 Pola Kualitas Madu Randu Buruk	48
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Sistem Mengidentifikasi kualitas madu.....	51

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Madu adalah nektar atau eksudat gula dari tanaman yang dikumpulkan oleh lebah madu, diolah dan disimpan dalam sarang lebah *Apis Mellifera*. Komponen utama madu adalah fruktosa, glukosa, sedikit sukrosa, mineral, vitamin, dan berbagai enzim. Kandungan gizinya yang tinggi menyebabkan madu banyak dikonsumsi secara rutin, baik oleh dewasa, anak-anak, dan juga bayi.

Karena mempunyai nilai ekonomis yang cukup tinggi serta mengandung zat-zat yang unik, maka sering terjadi pemalsuan madu. Madu dapat dipalsukan dengan berbagai cara yaitu dengan mencampur komponen-komponen alami dalam madu secara langsung yaitu dengan menambahkan pemanis buatan atau dengan memberikan gula pasir (sukrosa) ke dalam madu, sehingga berbahaya bila diberikan pada bayi atau orang yang menderita penyakit Diabetes Mellitus.

Menurut Standar Nasional Indonesia SNI 01-3545-2013, kadar sukrosa dalam madu masih diperbolehkan hingga mencapai 5% dan kadar air yang diperbolehkan maksimal 22%, sehingga dengan membatasi peredaran produk madu yang beredar di pasaran maka akan dapat menekan angka penderita diabetes militus di Indonesia. Dimana menurut data *International Diabetes Federation* (IDF), Indonesia tergolong dalam 10 besar penderita diabetes militus.

Pada penelitian sebelumnya, memanfaatkan konstanta dielektrik suatu kapasitor untuk mengukur tingkat pemalsuan pada madu. Dari data yang didapatkan, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tingkat pemalsuan madu maka semakin besar konstanta dielektriknya dengan kata lain semakin besar nilai kapasitansinya (Anwar, 2013). Akan tetapi kelemahan dari metode ini adalah sistem ini membutuhkan kontak langsung terhadap sampel madu dan sistem juga tidak dapat mengidentifikasi jenis madu.

Sedangkan penelitian yang lainnya, menggunakan electronic-nose dan algoritma pengenalan neural network untuk mengidentifikasi jenis madu cina. Dari data yang didapatkan, sistem tersebut dapat digunakan untuk

mengidentifikasi atau mengkarakterisasi jenis madu dengan cepat (Benetti, 2005). Akan tetapi kelemahan dari sistem ini adalah sistem tidak dapat mengetahui kadar glukosa atau fruktosa pada madu.

Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan rancang polarimeter secara komputerisasi dan electronic nose dengan algoritma pengenalan pola. Keduanya diintegrasikan menjadi satu sistem untuk mengukur kualitas madu dalam besarnya kadar fruktosa atau glukosa yang terkandung serta dapat mengklasifikasikan jenis madu.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka perumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana membuat sistem klasifikasi kualitas madu. Adapun permasalahan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mengukur kadar fruktosa atau glukosa dalam madu.
2. Bagaimana cara untuk mengidentifikasi aroma madu.
3. Bagaimana cara mengklasifikasikan kualitas madu.

1.3. Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengaplikasikan sistem polarimeter yang dapat mengukur kadar fruktosa atau glukosa dalam madu.
2. Mengaplikasikan sistem electronic nose dan algoritma Support Vector machine untuk mengidentifikasi aroma madu.
3. Mengaplikasikan perpaduan sistem electronic nose dan polarimeter dan algoritma Support Vector Machine untuk mengetahui kualitas madu.

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu dapat memberikan manfaat dalam bidang industri makanan dan minuman yang erat kaitannya untuk quality control terhadap produk madu sehingga para konsumen ataupun pembeli tidak terkena dampak buruk bagi kesehatan oleh madu kualitas rendah.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada perancangan sistem identifikasi kualitas madu dibutuhkan pengetahuan tentang *e-nose*, polarimeter, dan beberapa teknik algoritma. Berikut akan dibahas beberapa kajian pustaka dan dasar teori dijelaskan pada bagian berikut ini.

2.1. Definisi, Kandungan, dan Jenis Madu

Definisi dari madu adalah Nektar atau eksudat dari tanaman yang dikumpulkan, diolah, dan disimpan dalam sarangnya oleh lebah madu *Apis Mellifera* atau *Apis Dorsata*. Madu mempunyai sifat optis aktif yaitu zat yang bersifat memutar bidang polarisasi cahaya. Secara Kimiawi madu terdiri dari air (17%), fruktosa (38,2%), glukosa (31,3%), disakarida lainnya (5%), melezitose (<0,1%), erlose (0,8%), oligasakarida lainnya (3,6%), mineral (0,2%), asam amino (0,3%), dan pH sekitar 3,3-3,9. Madu juga bersifat buffer artinya madu memiliki kemampuan menyeimbangkan pH, hal ini dikarenakan mengandung fosfat, karbonat dan garam mineral (Purbaya, 2007)..

Madu memiliki kandungan mineral dan vitamin yang bervariasi. Secara umum kandungan mineral dalam madu sekitar 1,03 gram/ 100 gram madu. Madu memiliki elemen mineral yang lengkap yaitu Potassium, Magnesium, Kalsium, besi, Zinc, Mangan, Cuprum, Alumunium, barium, Boron, Bromide, Cadnium, Chlorine, Cobalt, Flouride, Iodine, Lithium, Molybdenum, Nikel, Rubidium, Silicium, Strontium, Sulfur, Vanadium dan Zinkronium. Kandungan vitamin dalam madu juga cukup lengkap. Vitamin yang terkandung pada madu adalah Vitamin A, Vitamin B(B1, B2, B6, Niasin serta Asam Pantotenat), Vitamin D, Vitamin E, Vitamin K dan beberapa provitamin (Purbaya, 2007).

Kualitas madu ditentukan oleh beberapa hal diantaranya waktu pemanenan madu, kadar air, warna madu, rasa dan aroma madu. Waktu pemanenan madu harus dilakukan pada saat yang tepat, yaitu ketika madu telah matang dan sel-sel madu mulai ditutup oleh lebah. Selain itu, kadar air yang terkandung dalam madu

juga sangat berpengaruh terhadap kualitas madu. Madu yang baik adalah madu yang mengandung kadar air sekitar 17-21 persen (Sihombing, 1997).

2.2. Klasifikasi Kualitas Madu

Kualitas madu ditentukan oleh beberapa hal diantaranya waktu pemanenan madu, kadar air, kadar glukosa dan fruktosa, warna madu, rasa dan aroma madu. Waktu pemanenan madu harus dilakukan pada saat yang tepat, yaitu ketika madu telah matang dan sel-sel madu mulai ditutup oleh lebah. Selain itu, kadar air yang terkandung dalam madu juga sangat berpengaruh terhadap kualitas madu. Madu yang baik adalah madu yang mengandung kadar air sekitar 17-21 persen (Sihombing, 1997).

1. Glukosa dan Fruktosa

Menurut hasil pengkajian dari para ahli, lebih dari 180 macam senyawa atau unsur dan zat nutrisi yang ada, terkandung di dalam madu alami. Dan jenis gula atau karbohidrat yang terdapat di dalam madu alami yakni fruktosa, yang memiliki kadar yang tertinggi, yaitu sedikitnya bias mencapai 38,5 gram per 100 gram madu alami. Sementara untuk kadar glukosa, maltosa, dan sukrosanya rendah. Fruktosa atau yang sering disebut Levulosa merupakan gula murni atau alami yang berasal dari sari pati buah-buahan. Sedangkan sukrosa merupakan gula hasil olahan manusia yang bahan bakunya berasal dari batang pohon tebu. Oleh karena itu, sehingga dikenal sebagai sumber energi yang akan cepat pula tercerna dan diserap serta bermanfaat sekali untuk memulihkan kelelahan setelah melakukan berbagai aktivitas berat lainnya.

2. Kadar Air

Banyaknya air dalam madu menentukan keawetan madu. Madu yang mempunyai kadar air yang tinggi akan mudah berfermentasi. Fermentasi terjadi karena jamur yang terdapat dalam madu. Jamur ini tumbuh aktif jika kadar air dalam madu tinggi. Kandungan air dalam madu dapat diukur dengan suatu alat yang dinamakan hydrometer yang

dilengkapi dengan termometer. Selain itu pengukuran air juga dapat menggunakan alat yang dinamakan refractometer. Misalnya kadar air 17,4 % refracto indeksnya sebesar 1,493 pada 20°C.

3. Keasaman

Dalam kandungan madu terdapat sejumlah asam organik yang memainkan peranan penting dalam proses metabolisme tubuh. Jenis-jenis asam tersebut adalah asam format, asam asetat, asam sitrat, asam laktat, asam butirat, asam oksalat, dan asam suksinat. (Al Jamili.S.,2004).

4. Warna dan Aroma

Warna madu tergantung dari jenis tanaman asal dan sifat tanah, tetapi tingkatan pemanasan juga mempengaruhi warna. Pemanasan madu yang lama akan mempertua warna. Panas yang tinggi akan membentuk kerak gula yang bewarna coklat yang memberikan bau gosong pada madu. Aroma madu ada hubungannya dengan warnanya. Makin gelap warnanya, aromanya makin keras atau tajam. Tetapi aroma mudah menguap. Oleh karena itu madu harus dirawat dan ditutup rapat. Pemanasan menghilangkan sebagian dari aroma sedang aroma telah mulai berkurang sepanjang proses ekstraksi. Paling baik madu jangan dipanasi agar tidak banyak kehilangan aromanya (Sumoprastowo, 1993).

Untuk cita rasa madu ditentukan oleh zat yang terdapat dalam madu diantaranya glukosa, alkaloid, gula, asam glukonat dan prolin. Rasa dan aroma madu yang paling enak adalah ketika madu baru dipanen dari sarangnya. Sesudah itu, senyawa-senyawa yang terdapat dalam madu sedikit demi sedikit akan menguap. Hal ini disebabkan senyawa yang terdapat dalam madu bersifat volatil (mudah menguap). Karena itu, untuk menjaga kualitas madu cara memanen dan menyimpan madu perlu diperhatikan (Suranto, 2004).

Di Indonesia sendiri, kualitas madu sudah ditentukan berdasarkan SNI Nomor 01-3545-2013 yang dikeluarkan ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional.

Tabel 2.1 Standar Madu Asli berdasarkan SNI 01-3545-2013

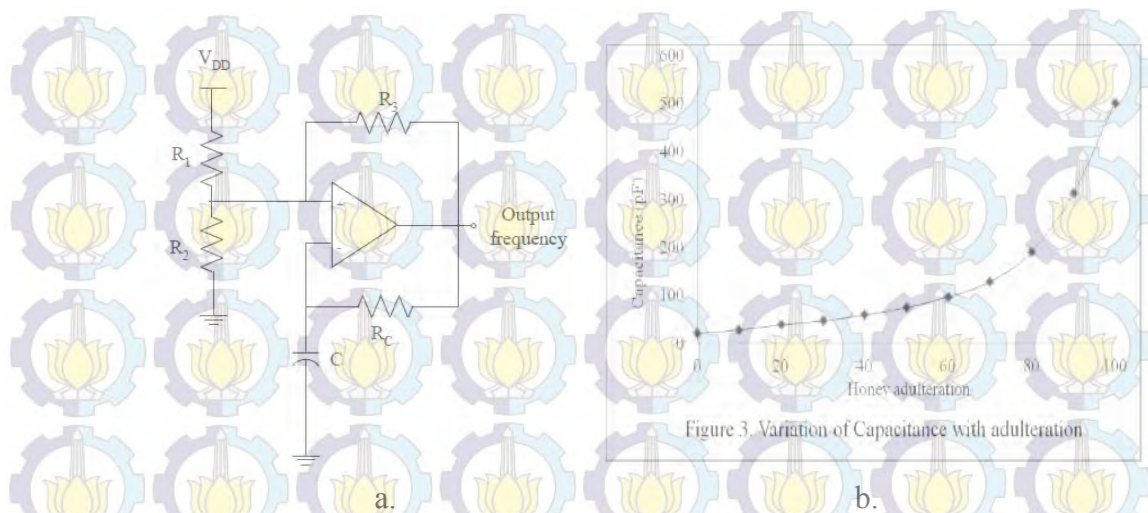
Jenis Uji	Satuan	SNI
Aktifitas enzim diatase	DN	Min. 3
Hidroxy Methyl Furtural (HMF)	Mg/Kg	Maks. 50
Kadar Air	%b/b	Maks. 22
Gula Pereduksi	%b/b	Min. 65
Sukrosa	%b/b	Maks. 5
Keasaman	ml NaOH/Kg	Maks. 50
Abu	%b/b	Maks. 0,5
Logam Timbal (Pb)	Mg/Kg	Maks. 2,0
Logam Cadmium (Cd)	Mg/Kg	Maks. 0,2
Logam Arsen (As)	Mg/Kg	Maks. 0,5

Berdasarkan paparan faktor-faktor penentu kualitas madu diatas, dapat diklasifikasikan kualitas madu ke dalam dua jenis kualitas yaitu kualitas madu yang baik dan kualitas madu yang buruk. Madu yang baik adalah madu yang dipanen langsung dari sarangnya tanpa dicampur apapun(Suranto, 2004)

2.3. Capacitive Sensor Untuk Mendeteksi Pemalsuan Madu

Pada penelitian ini menitikberatkan pada pengukuran kapasitansi terhadap persentase tingkat pemalsuan madu. Pemalsuan madu dalam penelitian ini merupakan campuran madu dengan menambahkan larutan gula tebu. Rangkaian dasar yang digunakan merupakan rangkaian osilator relaksasi dengan kapasitornya digunakan sebagai sensor. Perubahan kapasitansi pada kapasitor akan memodulasi frekuensi output dari osilator. Frekuensi sinyal output diukur dengan menggunakan counter digital. Dengan demikian, frekuensi output dari rangkaian tersebut adalah ukuran dari pemalsuan madu. Kapasitor untuk penelitian ini dibentuk oleh sepasang individu platinum elektroda dengan bentuk persegi yang memiliki dimensi 5mm x 5mm dan pemisahan 5mm. Rangkaian pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.1.a.

Hasil pengukuran kapasitansi dari sampel madu yang dipalsukan, ditunjukkan pada gambar 2.1.b. Dapat diamati dari grafik bahwa kapasitansi dari sampel meningkat berbanding lurus dengan peningkatan pemalsuan madu.



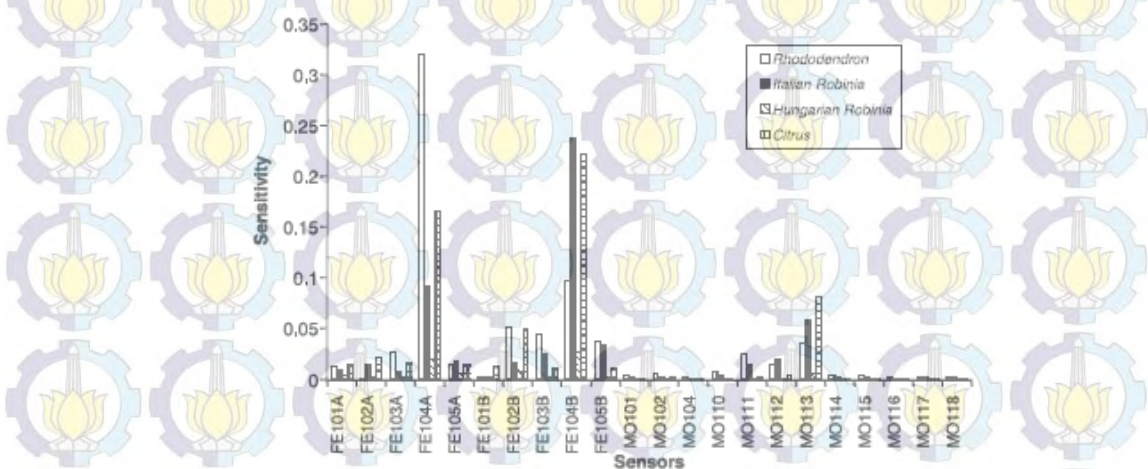
Gambar 2.1 Rangkaian Osilator dengan Kapasitor sebagai sensornya, grafik kapasitansi terhadap sampel madu palsu (Anwar, 2013)..

2.4. Electronic nose dan Neural Network untuk Klasifikasi Jenis Madu

Penelitian ini menggunakan 70 sampel madu berdasarkan jenis bunga, sampel-sampel ini yang dianalisa dengan menggunakan *electronic nose*.

Electronic Nose tersebut menggunakan 10 *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors* (MOSFET) dan 12 *metal Oxide Semiconductor* (MOS) sensor.

Sinyal yang dihasilkan dari sensor tersebut yang kemudian diolah dan dievaluasi ke dalam algoritma *Artificial Neural Network* (ANN). Model neural network yang digunakan pada penelitian ini adalah multilayer perceptron menggunakan



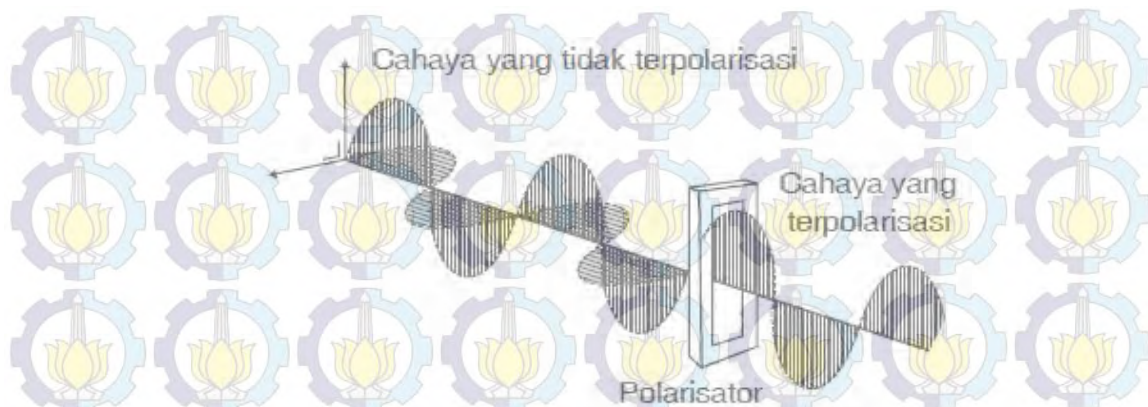
Gambar 2.2 Grafik respon sensor MOSFET dan MOS terhadap sampel (Benetti, 2005).

algoritma backpropagation dengan adaptative learning rate sebesar 0.01 dan momentum sebesar 0.70. Neural network terdiri atas 23 input neuron, satu hidden layer dengan 4 neuron serta 4 neuron pada bagian output layer, dimana output layer ini yang mempresentasikan jenis madu. Pelatihan Neural Network dihentikan pada keadaan error terkecil. Sampel-sampel tersebut ketika diterima langsung disimpan pada suhu 4 derajat Celcius dan tidak satupun mendapat perlakuan khusus, hingga sampel tersebut dianalisa. Berikut ini grafik respon kepekaan dari beberapa sensor terhadap 17 sampel madu, dimana FE merupakan sensor MOSFET dan MO merupakan sensor MOS. Dari data yang didapatkan, metodologi yang diusulkan sederhana dan cepat. Hal ini membuat teknik ini sangat berguna untuk mengkarakterisasi jenis madu berdasarkan asal bunganya (Benetti, 2005).

2.5. Cahaya

Cahaya merupakan salah satu dari gelombang elektromagnetik yang beresilasi secara transversal yang merupakan salah satu sifat unik yang dimiliki oleh cahaya tersebut dan tidak dimiliki oleh gelombang pada umumnya, maka dalam cahaya akan terjadi gejala difraksi serta interferensi didalamnya. Seperti yang telah diketahui bahwa difraksi merupakan suatu gejala penyebaran arah yang dialami oleh seberkas gelombang pada saat melewati celah sempit dibandingkan dengan ukuran panjang gelombangnya. Interferensi merupakan akibat bersama yang ditimbulkan oleh beberapa gelombang cahaya, yang diperoleh dengan cara menjumlahkan gelombang-gelombang tersebut (Soedjojo, 1992: 78)..

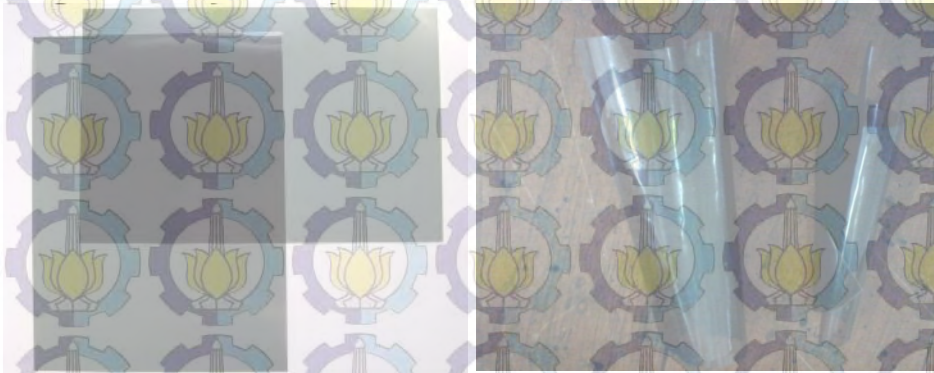
Polarisasi merupakan proses pembatasan getaran vektor yang membentuk suatu gelombang transversal sehingga menjadi satu arah. Polarisasi hanya terjadi pada gelombang transversal saja dan tidak dapat terjadi pada gelombang longitudinal. Suatu gelombang transversal mempunyai arah rambat yang tegak lurus dengan bidang rambatnya. Apabila suatu gelombang memiliki sifat bahwa gerak medium dalam bidang tegak lurus arah rambat pada suatu garis lurus, dikatakan bahwa gelombang ini terpolarisasi linear (Krane, 1992: 334-335)..



Gambar 2.3 Polarisasi Cahaya (Krane, 1992: 334-335)..

2.6. Polaroid

Polaroid adalah device (peralatan) yang mempunyai sifat mirip dengan kawat sejajar untuk gelombang mikro. Device ini memiliki semacam lubang garis memanjang yang memiliki kelebaran cukup kecil. Komponen medan listrik disepanjang lubang diserap, dan komponen arah tegak lurus lubang diteruskan dengan redaman sangat kecil. Jadi polaroid memiliki sumbu dalam bidangnya, jika medan listrik gelombang cahaya sejajar dengan sumbu ini, maka cahaya diteruskan dengan redaman sangat kecil. Dengan menggunakan dua buah polaroid, cahaya keluaran akan lebih smooth. Polaroid pertama berfungsi untuk menciptakan cahaya menjadi terpolarisasi linier, sehingga sering disebut dengan polarisator. Polaroid kedua digunakan untuk menganalisa arah polarisasi yang dihasilkan oleh polaroid pertama, sehingga disebut analisator (Bahrudin, 2006: 237).



Gambar 2.4 Lapisan polaroid

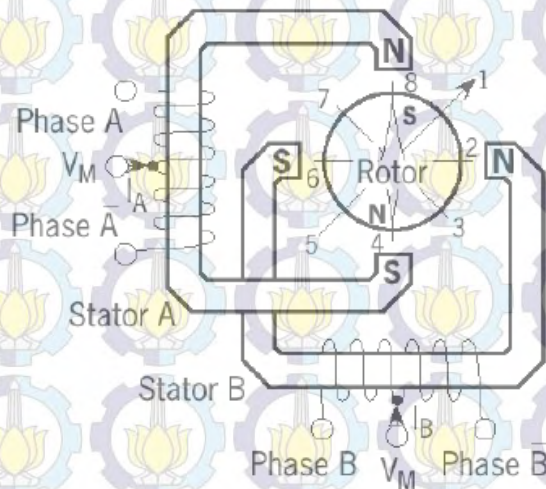
2.7. Motor Stepper

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Penggunaan motor stepper memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan penggunaan motor DC biasa.

Keunggulannya antara lain adalah :

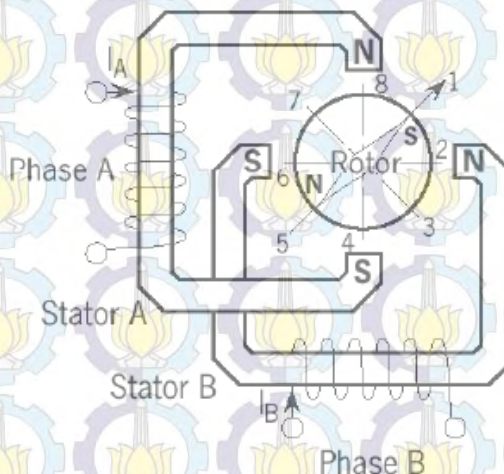
- a. Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur.
- b. Motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak
- c. Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi
- d. Memiliki respon yang sangat baik terhadap mulai, stop dan berbalik (perputaran)
- e. Sangat realibel karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC
- f. Dapat menghasilkan perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikopel langsung ke porosnya
- g. Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada range yang luas.

Berdasarkan metode perancangan rangkain pengendalinya, motor stepper dapat dibagi menjadi jenis unipolar dan bipolar. Rangkaian pengendali motor stepper unipolar lebih mudah dirancang karena hanya memerlukan satu switch / transistor setiap lilitannya. Untuk menjalankan dan menghentikan motor ini cukup dengan menerapkan pulsa digital yang hanya terdiri atas tegangan positif dan nol (*ground*) pada salah satu terminal lilitan (*wound*) motor sementara terminal lainnya dicatu dengan tegangan positif konstan (V_M) pada bagian tengah (*center tap*) dari lilitan (perhatikan gambar 2.5).



Gambar 2.5 Motor stepper dengan lilitan unipolar

Untuk motor stepper dengan lilitan bipolar, diperlukan sinyal pulsa yang berubah-ubah dari positif ke negatif dan sebaliknya. Jadi pada setiap terminal lilitan (A & B) harus dihubungkan dengan sinyal yang mengayun dari positif ke negatif dan sebaliknya (perhatikan gambar 2.6). Karena itu dibutuhkan rangkaian pengendali yang agak lebih kompleks daripada rangkaian pengendali untuk motor unipolar. Motor stepper bipolar memiliki keunggulan dibandingkan dengan motor stepper unipolar dalam hal torsi yang lebih besar untuk ukuran yang sama.



Gambar 2.6 Motor stepper dengan lilitan bipolar

2.8. Polarimeter

Polarimeter adalah alat untuk mengukur sudut putaran bidang polarisasi cahaya bila cahaya melewati suatu zat yang disebut zat optik aktif, yaitu zat yang bersifat memutar bidang polarisasi cahaya. Pada dasarnya polarimeter terdiri dari sebuah polarisator, analisator dan tabung berisi zat cair atau zat padat yang diukur putaran polarisasinya. Berikut ini diagram skematik suatu polarimeter:

Cahaya dapat dianggap berpolarisasi secara normal sepanjang 360° pada 90° terhadap arah perambatannya. Sumber cahaya biasanya merupakan lampu natrium. Pada saat cahaya terpolarisasi searah sirkulat melewati bahan pemolarisasi, osilasinya terbatas pada satu bidang. Sudut rotasi dapat diukur dengan mengoreksi kemiringannya dengan memutar penganalisis (analisator) sampai cahaya tidak dapat melewatinya lagi. Nilai baku untuk rotasi yang dihasilkan oleh suatu senyawa optik aktif adalah $[\alpha]$, rotasi spesifik suatu zat yakni,

$$[\alpha] = \frac{100}{lc} \quad (2.4)$$

dengan:

α adalah rotasi terukur,

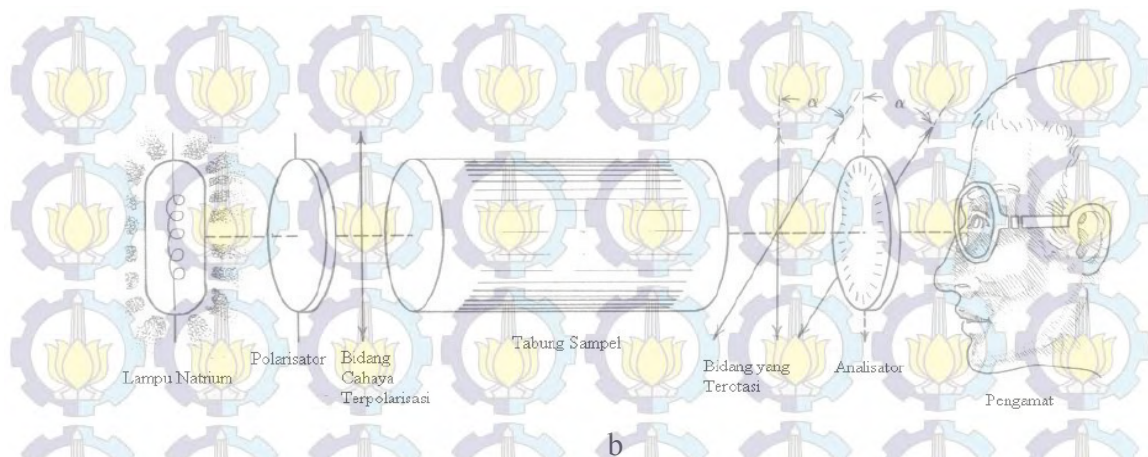
l adalah panjang jalur sel tempat pengukuran dilakukan dalam dm,

c adalah konsentrasi larutan sampel dalam g/100ml.

Rotasi optik yang teramati dapat berupa rotasi yang searah jarum jam, rotasi ini disebut putar kanan dan diberi tanda (+), sedangkan senyawa yang diukurnya disebut senyawa dekstro (d). Rotasi yang berlawanan dengan arah jarum jam disebut putar kiri dan diberi tanda (-), senyawanya disebut senyawa levo (l).

Beberapa hal yang harus diperhatikan pada penggunaan polarimeter, yaitu:

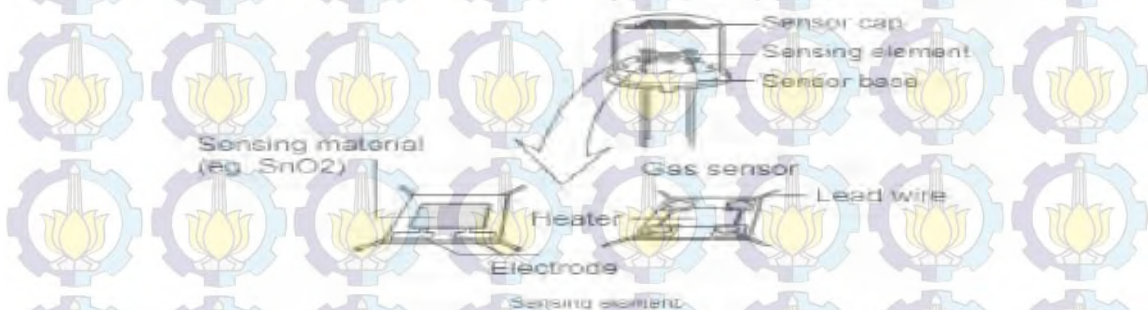
1. Larutan sampel harus jernih atau tidak mengandung partikel yang tersuspensi di dalamnya. Partikel tersebut akan menghamburkan cahaya yang melewati larutan.
2. Tidak terdapat gelembung udara pada tabung sampel saat diisi larutan.
3. Selalu dimulai dengan menentukan keadaan nol untuk mengoreksi pembacaan.



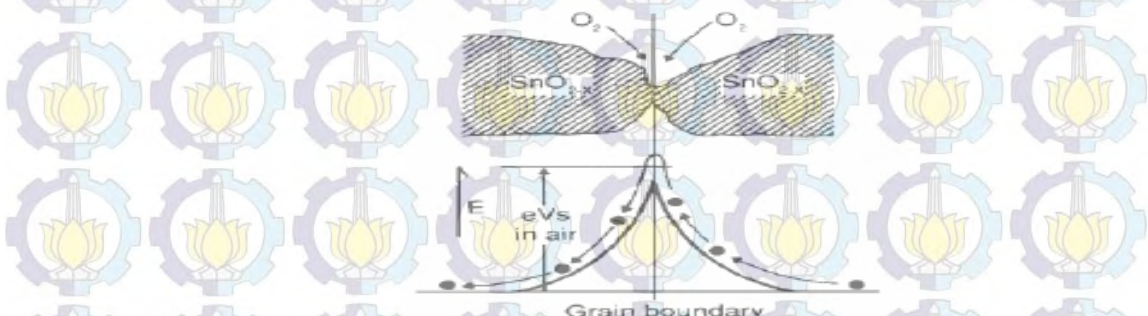
Gambar 2.7 Diagram skematik suatu polarimeter

2.9. Sensor Gas Semikonduktor

Sensor gas terdiri dari elemen sensor, dasar sensor dan tudung sensor. Elemen sensor terdiri dari bahan sensor dan bahan pemanas untuk memanaskan elemen. Elemen sensor menggunakan bahan-bahan seperti timah (IV) oksida SnO_2 , wolfram (VI) oksida WO_3 , dan lain-lain, tergantung pada gas yang hendak dideteksi. Gambar berikut menunjukkan struktur dasar sensor gas.



Gambar 2.8 Struktur Sensor Gas Semikonduktor



Gambar 2.9 Keadaan tanpa gas yang dideteksi.

Bila suatu kristal oksida logam seperti SnO₂ dipanaskan pada suhu tinggi tertentu di udara, oksigen akan teradsorpsi pada permukaan kristal dengan muatan negatif. Elektron-elektron donor pada permukaan kristal ditransfer ke oksigen teradsorpsi, sehingga menghasilkan suatu lapisan ruang bermuatan positif. Akibatnya potensial permukaan terbentuk, yang akan menghambat aliran elektron. Di dalam sensor, arus listrik mengalir melalui bagian-bagian penghubung (batas butir) kristal-kristal mikro SnO₂. Pada batas-batas antar butir, oksigen yang teradsorpsi membentuk penghalang potensial yang menghambat muatan bebas bergerak. Tahanan listrik sensor disebabkan oleh penghalang potensial ini.

Dalam lingkungan adanya gas pereduksi, kerapatan oksigen teradsorpsi bermuatan negatif pada permukaan semikonduktor sensor menjadi berkurang, sehingga ketinggian penghalang pada batas antar butir berkurang. Ketinggian penghalang yang berkurang menyebabkan berkurangnya tahanan sensor butir dalam lingkungan gas.

Hubungan antar tahanan sensor dan konsentrasi gas pereduksi pada suatu rentang konsentrasi gas dapat dinyatakan dengan persamaan berikut,

$$R_s = A[C]^{-a} \quad (2.5)$$

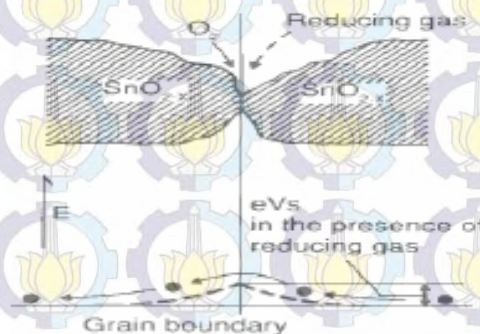
dengan :

R_s = tahanan listrik sensor,

A = konstanta,

$[C]$ = konsentrasi gas,

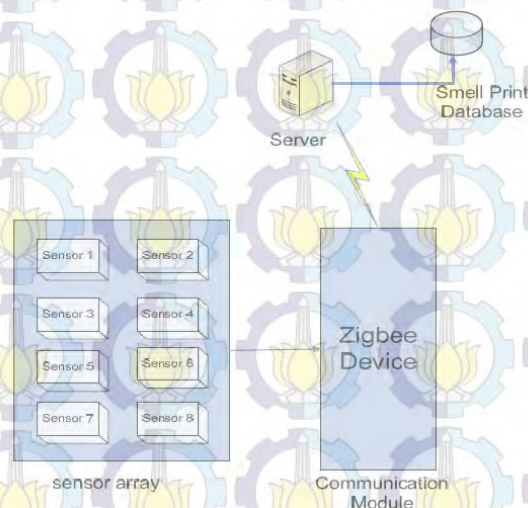
a = gradien kurva R_s .



Gambar 2.10 Keadaan gas dideteksi.

2.10. Electronic Nose

Electronic nose (disingkat *e-nose*) merupakan sistem penciuman elektronik seperti menirukan prinsip kerja dari indra penciuman manusia untuk mengetahui adanya gas bahkan mengenali berbagai jenis gas (Chowdhury dkk, 2008; Frianto dan Rivai, 2008). *E-nose* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, salah satunya dalam bidang uji kualitas suatu produk makanan. Salah satunya *e-nose* digunakan untuk mengenali aroma daging (Hasan dkk, 2012). Daging tersebut berupa daging sapi dan ikan untuk dianalisa sehingga diketahui jenis daging yang segar atau busuk. *E-nose* yang dirancang menggunakan deretan sensor gas semikonduktor jenis oxide metal sebanyak delapan buah sensor. Gambar 2.11 menunjukkan sistem *monitoring* aroma daging berbasis *e-nose*. Masing-masing respon keluaran sensor gas dikirimkan ke komputer melalui komunikasi *wireless* menggunakan modul zigbee. *E-nose* mengidentifikasi aroma sampel daging sapi dan ikan segar maupun busuk menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM). Oleh karena itu untuk membusukan aroma kedua daging tersebut di diendapkan di dalam lemari selama seminggu. Hasilnya *e-nose* dapat mengenali pola aroma pada daging sapi dan ikan segar maupun busuk dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar 94.5%.



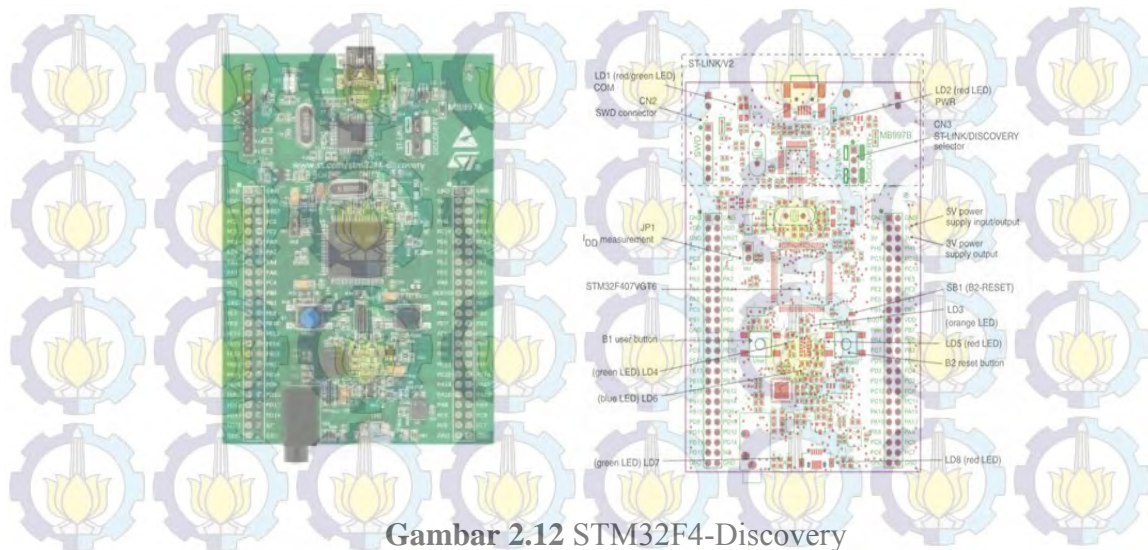
Gambar 2.11 Sistem *monitoring* aroma daging berbasis *e-nose* (Hasan dkk, 2012).

2.11. Mikrokontroler STM32f4-Discovery

Mikrokontroler adalah sebuah sistem computer fungsional dalam suatu chip yang di dalamnya terdapat sebuah inti prosesor memori (sejumlah kecil RAM, memori dan program), dan perlengkapan input.dengan kata lain mikrokontroler dapat diartikan dengan suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara yang khusus yang jika dilihat bahwa fungsi dari mikrokontroler itu sendiri sebagai pembaca dan menulis data.

Mikrokontroler yang akan digunakan pada penelitian ini adalah STM32F4-Discovery, yaitu sebuah mikrokontroler yang sudah berbentuk modul, yang didalam satu rangkaian tersebut terdapat berbagai input serta sensor gyro. STM32F4 berarsitektur 32-bit ARM Cortex-M4F yang memiliki pengolahan data yang sangat cepat seperti handphone android zaman sekarang. Modul ini sudah dilengkapi dengan downloader STM nya, yaitu ST-Link/V2 untuk *men-debug*, *mem-flash* maupun *meng-erase*. Untuk memprogram mikro ini digunakan software Coocox dengan bahasa C yang sudah sering digunakan pada ATmega, perbedaan mencolok antara STM dan ATmega adalah pada kecepatan pengolahan dan penggunaan supply daya. Berikut ini data-data fitur mengenai STM32F4 :

1. Memiliki fitur 32-bit ARM Cortex M4F prosesor, 1 MB Flash, 192 K B RAM di sebuah LQFP 100 paket
2. On-Board ST-Link/v2 dengan mode seleksi yang bisa diubah
3. Board *power supply*:melalu USB atau eksternal 5V
4. Eksternal *power supply* : 3V dan 5V
5. Dua push buttons
6. Memiliki 3 A DC dengan 19 ka nal, yang memiliki resolusi 12bits, Single mode, Independent Mode, dan juga 8 clock cycles diantara 2 pembacaan



Gambar 2.12 STM32F4-Discovery

Pada STM32F4 ini terdapat 6 port, Port A, B, C, D, E dan H. Untuk Port A sampai E terdapat 15 pin, lalu untuk Port H hanya terdapat 2 pin. Port A0 juga berfungsi sebagai pushbutton Wake Up dari STM32, lalu terdapat juga pin NRST untuk pushbutton RESET. Pada mikrokontroler ini terdapat 2 clock osilator, satu clock untuk downloader dan satu lagi untuk osilator mikro itu sendiri. Kelebihan dari mikrokontroler ini adalah bisa untuk memutar MP3 dengan on board audio capability DAC.

Deskripsi dari pin-pin pada STM32F4 pada Gambar 2.12 dijelaskan sebagai berikut :

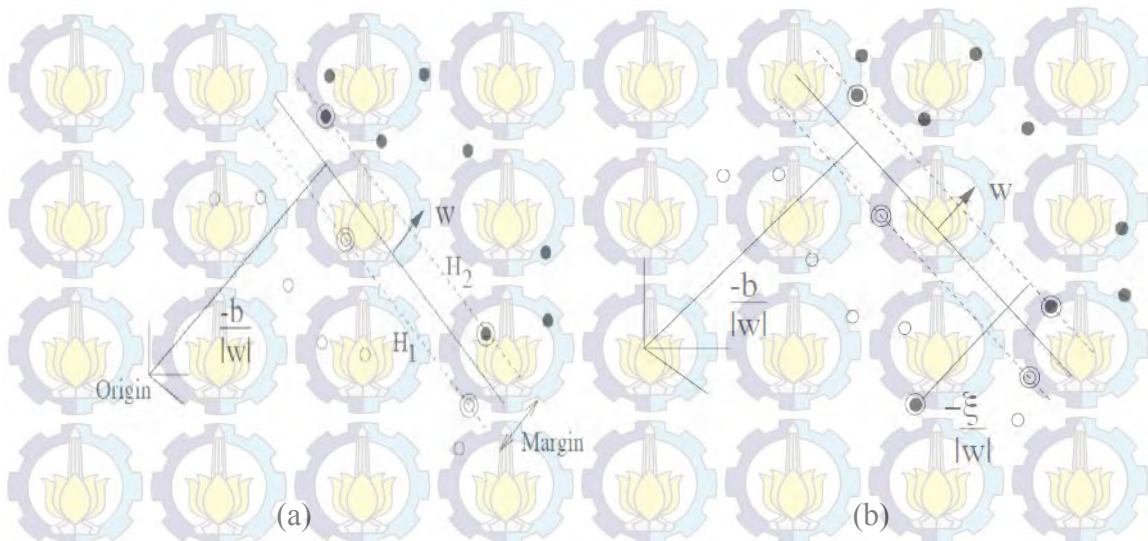
1. 5V : Pin ini bisa digunakan sebagai input power supply, ketika USB connector tidak tersambung dengan PC, Pin ini juga bisa digunakan sebagai power output 5 V dan konsumsi tenaganya tidak lebih dari 100mA.
2. GND : *Ground*.
3. Port A : Pada pin 0 – 7 terdapat ADC dengan maksimal resolusi 12 bit. Pin 1 – 3 terdapat dua TX dan RX untuk komunikasi serial. Total di Port ini terdapat 15 pin yang mempunyai kegunaan masing-masing,
4. Port B : untuk ADC hanya terdapat pada pin 0 dan 1. Sama dengan Port A yang memiliki 15 pin. Pin 6,7, 10, 11 merupakan RX dan TX dari USART 3.

5. Port C : untuk ADC hanya terdapat pada pin 0 – 5. Juga memiliki 15 pin, USART 6 RX dan TX nya berada pada pin 7 dan 6. USART 3 RX dan TX nya berada pada pin 11 dan 10. Untuk pin osilator in berada pada pin 14 dan out 15.
6. Port D : Pada port D ini tidak terdapat satu ADC pun. Tetapi terdapat USART2 TX dan RX pada pin 5 dan 6
7. Port E : Pada port ini tidak terdapat ADC satupun akan tetapi hampir semua pin bisa digunakan sebagai timer PWM.
8. Port H : Pada port ini terdapat pin 1 dan 0 sebagai osc out dan osc in

2.12. Pengenalan Pola Support Vector Machine

Salah satu metode yang paling banyak mendapat perhatian dalam bidang pengenalan pola yaitu *support vector machine* disingkat SVM (Byun dan Lee, 2003). SVM merupakan pembelajaran yang didasari pada teori statistik yang dikombinasikan dengan teori-teori belajar yang telah ada seperti konsep *kernel trick*, teori umum, metode optimasi, dan lain sebagainya (Jiang dkk, 2008). SVM mampu mengklasifikasi data secara *linear* maupun *non-linear*, dimana teknik ini selalu berusaha untuk mencari bidang pemisah terbaik atau dikenal dengan istilah *hyperplane* untuk memisahkan data sesuai kelas yang ditentukan (Burges, 1998; Wang dkk, 2005). Salah satu contoh bidang *hyperplane* untuk kasus dua kelas seperti ditunjukkan pada Gambar 2.13

Berdasarkan Gambar 2.13 terlihat data yang paling dekat dengan bidang pembatas *hyperplane* disebut dengan *support vector*. Pada penelitian ini, sistem *e-nose* untuk identifikasi jenis gas menggunakan teknik SVM. Adapun para peneliti seperti Burges (1998) dan Jiang dkk (2008) menguraikan alur dalam pemecahan masalah untuk mencari bidang *hyperplane* dari pembelajaran metode SVM sebagai berikut :



Gambar 2.13 Hyperlane support vector machine

Mencari klasifikasi untuk dua kelas atau lebih dari data pelatihan, seperti ekspresi pada Persamaan (2.6),

$$D = \{(x_i, y_2), \dots, (x_l, y_l)\}, x \in R^n, y \in \{-1, 1\} \quad (2.6)$$

dimana l banyaknya data.

Dari *hyperplane* tersebut nantinya dapat diasumsikan menjadi data kelas positif dan negatif yang terpisah secara sempurna dan membuat jarak dari kelas-kelas data tersebut. Dimana *point* x yang berada pada *hyperplane* memenuhi $(w, x) + b = 0$. Untuk menormalkan fungsi *hyperplane* dan membiarkan semua data memenuhi semua batasan kondisi seperti pada Persamaan (2.7).

$$y_i[(w, x_i) + b] \geq 1, i = 1, \dots, l \quad (2.7)$$

Margin terbesar ditemukan dengan memaksimalkan jarak yang tegak lurus dari *hyperplane* terhadap titik asal yaitu d dan interval terbesar sama dengan membuat m inimum. Oleh karena itu, untuk menemukan *hyperplane* sebagai pemisah yang tepat dan secara optimal dapat diubah kedalam bentuk *quadratic programming* pada Persamaan (2.8).

$$\begin{aligned} & \min \frac{1}{2} \|w\|^2 \\ & \text{subject to : } y_i[(w, x_i) + b] \geq 1, i = 1, \dots, l \end{aligned} \quad (2.8)$$

Pada Persamaan (2.8) dilakukan perhitungan menggunakan fungsi *Lagrange* menjadi Persamaan (2.9),

$$\emptyset(w, b, \alpha) = \frac{1}{2} \|w\|^2 - \sum_{i=1}^l \alpha_i (y_i [(w, x_i) + b] - 1) \quad (2.9)$$

nilai α merupakan *lagrange multiplier*, dan supaya penyelesaian optimal dapat diperoleh dengan mengubah proses perhitungan kebentuk ganda dari Persamaan (2.9) menjadi Persamaan (2.10).

$$\min_{\alpha} \sum_{k=1}^l \alpha_k - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x_j) \quad (2.10)$$

$$\text{Subject to : } \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i = 0$$

$$0 \leq \alpha_i \leq C, i = 1, \dots, l$$

Dalam kasus data *non-linear* maka fungsi diselesaikan dengan memanfaatkan fungsi kernel seperti *polynomial*, *gaussian*, *radial basis function*, dan *multi-layer perceptron* (Byun dan Lee, 2003; Wang dkk, 2005). Penyelesaian optimal yang telah diperoleh menjadi Persamaan (2.11).

$$\alpha^* = (\alpha_1, \dots, \alpha_l)^T \quad (2.11)$$

Di sisi lain, Vijayakumar dan Wu (1999) mengusulkan algoritma pembelajaran SVM dengan metode *sequential* untuk proses klasifikasi. Algoritma ini akan menghasilkan nilai *lagrange* yang optimal untuk data yang diklasifikasi, dimana data tersebut sebelumnya diubah kebentuk fitur dimensi yang lebih tinggi menggunakan fungsi kernel. Adapun tahapan algoritma yang dikembangkan dengan mengacu pada Persamaan (2.10), berikut langkah pembelajaran :

1. Menginisialisasi nilai $\alpha_i = 0$

2. Menghitung matrik :

$$D_{ij} = y_i y_j (K(x_i, x_j) + \lambda^2) \quad (2.12)$$

untuk : $i, j = 1, \dots, l$

l : banyaknya data

3. Untuk tiap-tiap pola yang akan diklasifikasi lakukan langkah a,b, dan c. untuk data $i=1,\dots,l$

1. $E_i = \sum_{j=1}^l \alpha_j D_{ij}$ (2.13)

2. $\delta\alpha_i = \min\{\max[\gamma(1 - E_i), -\alpha_i], C - \alpha_i\}$ (2.14)

3. $\alpha_i = \alpha_i + \delta\alpha_i$ (2.15)

4. Jika training sudah konvergen, maka hentikan proses training. Namun, jika belum mencapai konvergen lakukan kembali proses 3(a), (b), dan (c) sampai mencapai konvergen.

Pada algoritma ini, parameter λ sebagai konstanta dan γ sebagai lerning rate. Konvergensi dapat diketahui dengan memantau tingkat perubahan nilai update pada $\delta\alpha_i$. Setelah didapatkan semua nilai α maka fungsi pengambilan keputusan diperoleh melalui perhitungan pada Persamaan (2.16) yang diusulkan oleh Vijayakumar dan Wu (1999).

$$f(x) = \text{sign}(\sum_{i \in SV} \alpha_i K(x_i, x) + \alpha_i y_i \lambda^2) \quad (2.16)$$

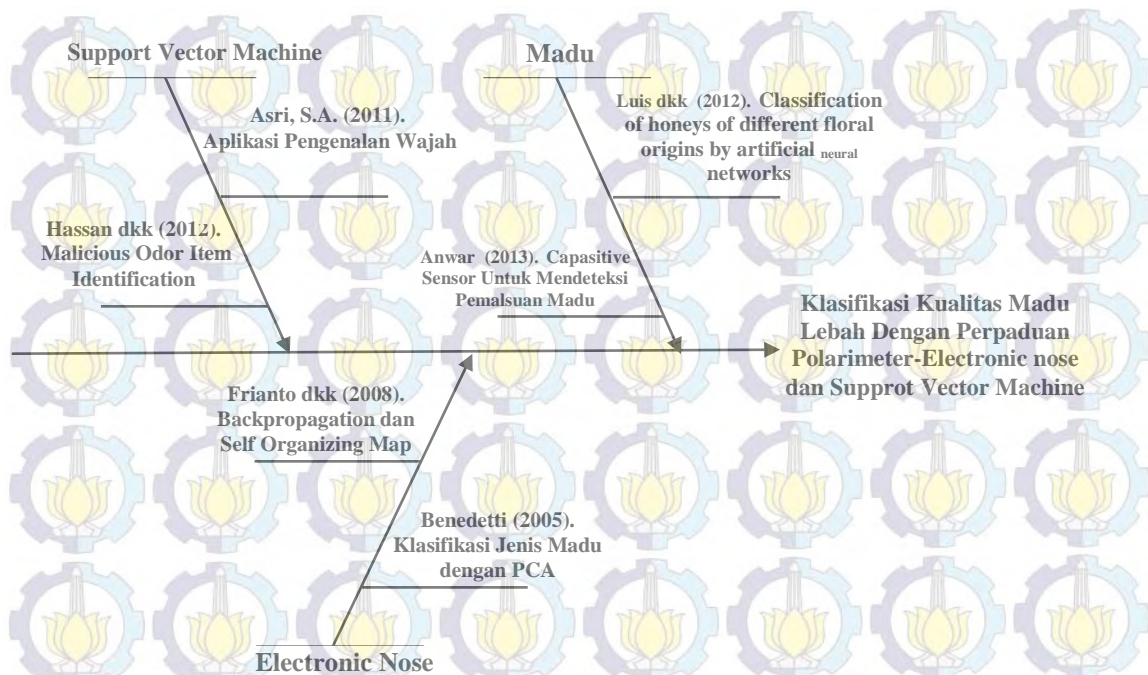
dimana α_i sebagai nilai support vector, x_i untuk data yang berkorelasi dengan support vector, x untuk sampel data pengujian, y_i sebagai target kelas dan γ sebagai konstanta.

Untuk kasus klasifikasi lebih dari dua kelas maka dapat digunakan metode one vs other seperti yang diusulkan Byun dan Lee (2003)

2.13. Diagram Fishbone

Dari beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok sebagai referensi untuk melakukan penelitian yang akan dikerjakan, yang akan membentuk diagram *fishbone*.

Adapun diagram *fishbone* ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Diagram fishbone

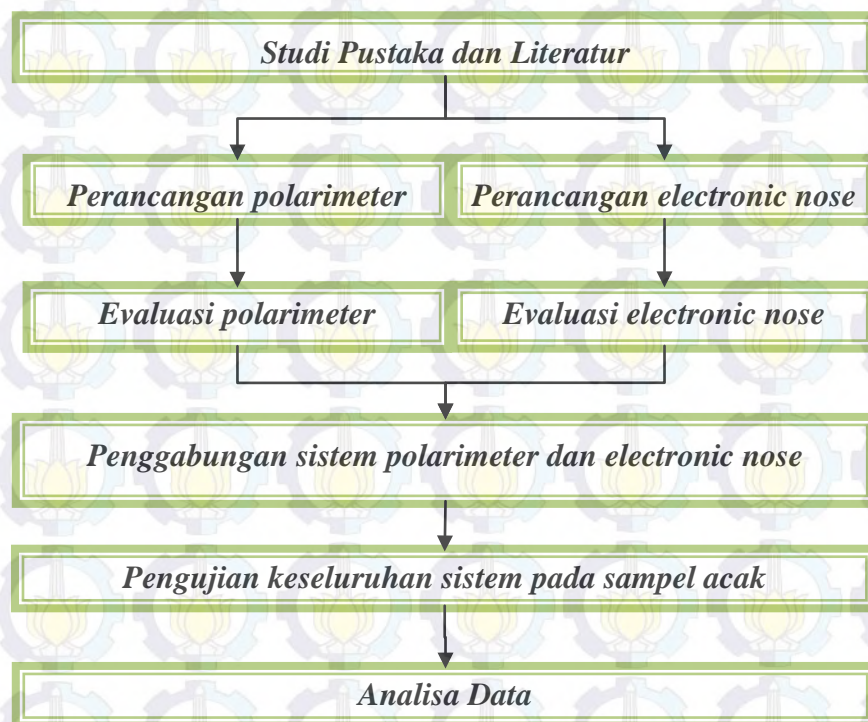
BAB 3

METODA PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan beberapa tahapan penelitian sebagai berikut :

1. Perancangan sistem polarimeter.
2. Evaluasi sistem polarimeter
3. Perancangan sistem *electronic nose*
4. Evaluasi sistem *electronic nose* menggunakan beberapa sampel
5. Penggabungan sistem polarimeter dan *electronic nose*
6. Pengujian keseluruhan sistem pada sampel acak
7. Analisa data

Diagram blok dari penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.



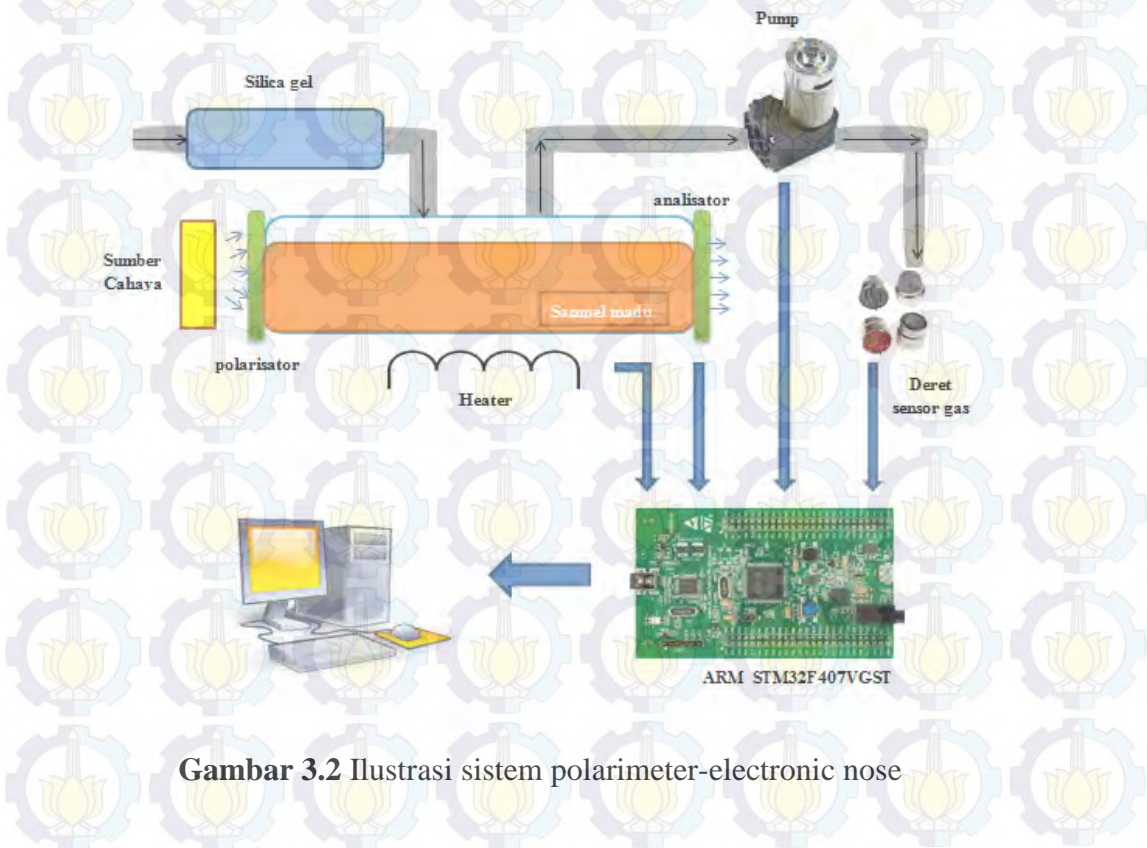
Gambar 3.1 Diagram blok penelitian

3.1. Studi Pustaka dan Literatur

Pada tahap ini penulis mencari dan mempelajari dari beberapa pustaka dan literatur yang relevan dengan penelitian yang dikerjakan. Seperti mempelajari dan membahas beberapa referensi dari polarimeter, klasifikasi jenis gas berbasis *e-nose*. Sehingga dapat dijadikan sebagai landasan berpikir dalam menyelesaikan penelitian ini serta bahan pendukung dalam pembuatan laporan penelitian ini. Dari studi pustaka dan literatur tersebut dijadikan untuk landasan membuat ilustrasi perangkat keras dari sistem yang dirancang seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2.

3.2. Perancangan Sistem Polarimeter

Pada tahapan ini akan dirancang sistem polarimeter secara komputerisasi sehingga sudut lensa polarisator dan analisator dapat dikontrol dengan menggunakan motor stepper. Dengan demikian sudut dari lensa polarisator dan analisator dapat diketahui tanpa menghitung secara manual seperti halnya polarimeter konvensional. Tahapan perancangan polarimeter seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3.



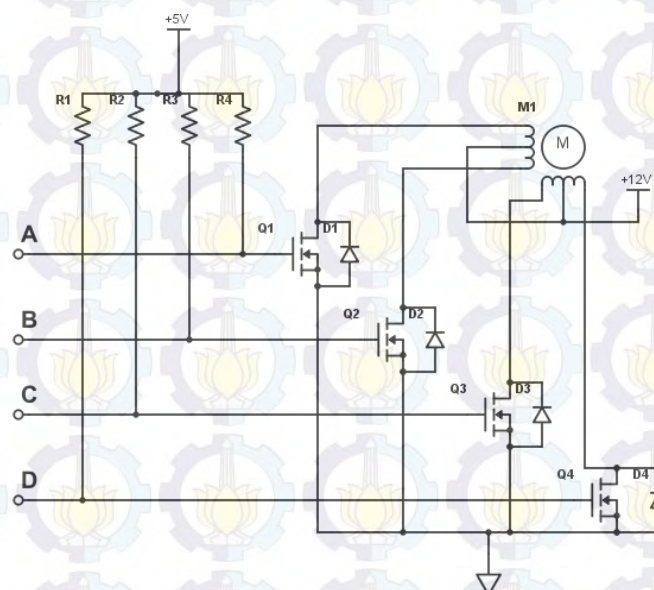
Gambar 3.2 Ilustrasi sistem polarimeter-electronic nose



Gambar 3.3 Tahapan perancangan polarimeter

3.2.1. Pembuatan Rangkaian Driver Motor Stepper

Pada tahapan pembuatan rangkaian driver motor stepper menggunakan rangkaian switching FET. R1,R2,R3, dan R4 digunakan sebagai resistor pull up. Hal ini dikarenakan tegangan keluaran mikrokontroler ARM terlalu kecil untuk mengontrol FET sehingga dibutuhkan resistor pull up. Untuk komponen FET digunakan komponen IRF540 yang dapat mengalirkan arus sampai 20 A dan mampu menahan tegangan balik sampai 100V.



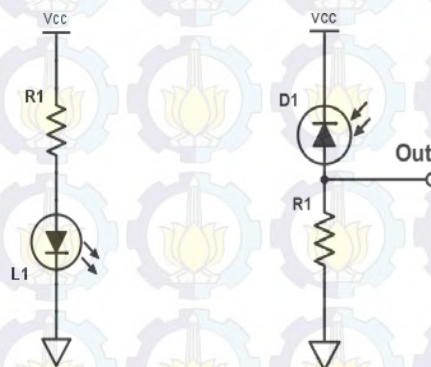
Gambar 3.4 Rangkaian driver motor stepper

3.2.2. Pembuatan Rangkaian Polarisator dan Analisator

Untuk pembuatan rangkaian polarisator dan analisator, digunakan LED super bright warna kuning sebagai sumber cahaya yang digunakan pada bagian polarisator, kemudian pada bagian analisator digunakan rangkaian photodiode untuk mendeteksi besar kecilnya cahaya yang melewati lapisan polaroid. Adapun rangkaian polarisator dan analisator ditunjukkan pada Gambar 3.5. Serta untuk tempat lapisan polaroid ditunjukkan pada Gambar 3.6

3.2.3. Pembuatan Tabung Sampel

Pada perancangan dan pembuatan tabung sampel, bahan dasar yang digunakan adalah aluminium dengan dimensi panjang 50mm dan lebar 15mm. bahan aluminium digunakan dikarenakan bahan ini dapat menghantarkan panas dengan baik sehingga larutan sampel madu mendapatkan panas yang merata. Adapun gambaran tabung sampel ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.5 Rangkaian polarisator dan analisator



Gambar 3.6 Tempat lapisan polaroid



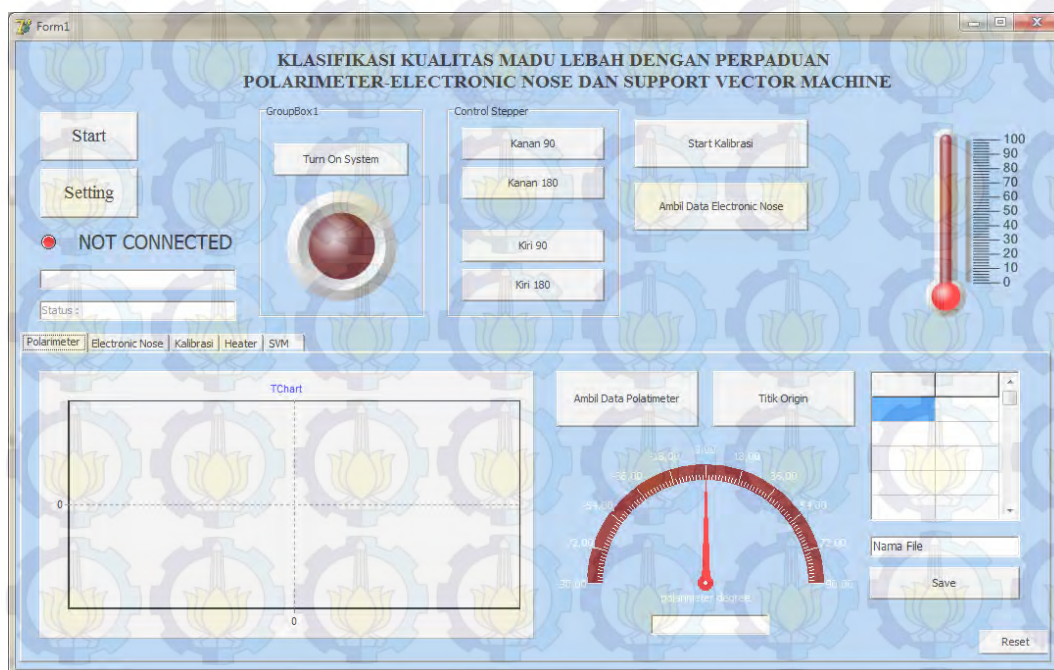
Gambar 3.7 Gambaran tabung sampel

3.2.4. Perancangan Perangkat Lunak Polarimeter

Pada tahapan ini dilakukan perancangan perangkat lunak untuk komputasi sistem polarimeter. Perangkat lunak berupa program untuk pergerakan motor stepper, program untuk kalibrasi posisi motor stepper, dan program untuk mengakuisisi data rotasi optik larutan sampel tiap putaran motor stepper. Sehingga dibuat tahapan dalam perancangan perangkat lunak sistem polarimeter seperti ditunjukkan pada Gambar 3.8. Pembuatan program untuk pergerakan motor stepper dilakukan supaya dihasilkan pergerakan motor stepper yang presisi, serta untuk pembuatan program kalibrasi motor stepper dilakukan supaya polarisator dapat berada di posisi titik nol derajat sehingga untuk pembacaan data rotasi optik sampel akan lebih baik. Adapun gambaran perangkat lunak sistem polarimeter ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.8 Tahapan perancangan perangkat lunak polarimeter



Gambar 3.9 Perangkat lunak sistem polarimeter

3.3. Evaluasi Polarimeter

Tujuan evaluasi ini yaitu mengetahui apakah sistem polarimeter yang telah dirancang dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan. Pengambilan data percobaan akan dilakukan dalam beberapa tahap.



Gambar 3.10 Tahapan evaluasi sistem polarimeter

3.4. Perancangan Sistem Electronic-Nose

Pada tahapan ini akan dirancang sistem electronic nose mencakup rangkaian serta perangkat lunaknya. Sistem electronic nose bertujuan untuk mengidentifikasi jenis aroma madu. Data dari electronic nose berupa data digital dikirimkan ke komputer untuk kemudian diolah ke dalam algoritma pengenalan pola Support Vector Machine (SVM). Tahapan perancangan sistem electronic nose seperti ditunjukkan pada Gambar 3.11.

3.4.1. Pembuatan Rangkaian Deret Sensor Gas

Rangkaian sensor gas menggunakan tiga buah sensor gas yaitu TGS 2600, TGS 2602, dan TGS 2620. Ketiga sensor tersebut dipaparkan secara langsung dengan aroma sampel dengan bantuan sebuah pompa udara yang diatur tekanannya secara konstan. Data keluaran dari ketiga sensor gas berupa resistansi, dimana resistansi ini kemudian diubah menjadi nilai tegangan dengan rangkaian pembagi tegangan. Data ini kemudian dikirimkan ke komputer untuk diolah ke dalam algoritma penganalan pola melalui komunikasi serial oleh mikrokontroler ARM STM32f4. Adapun rangkaian deret sensor gas ditunjukkan pada Gambar 3.12.



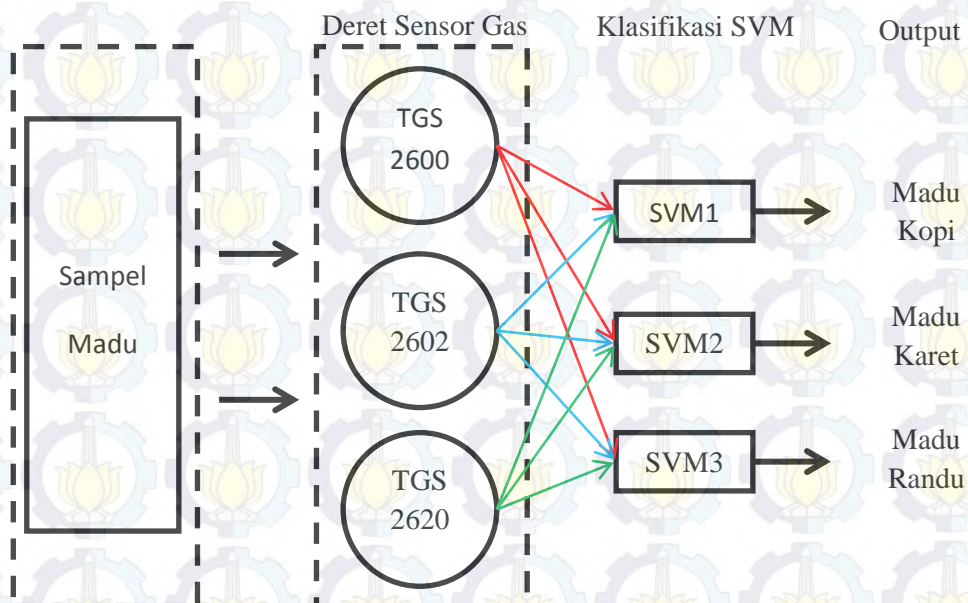
Gambar 3.11 Tahapan perancangan sistem electronic nose



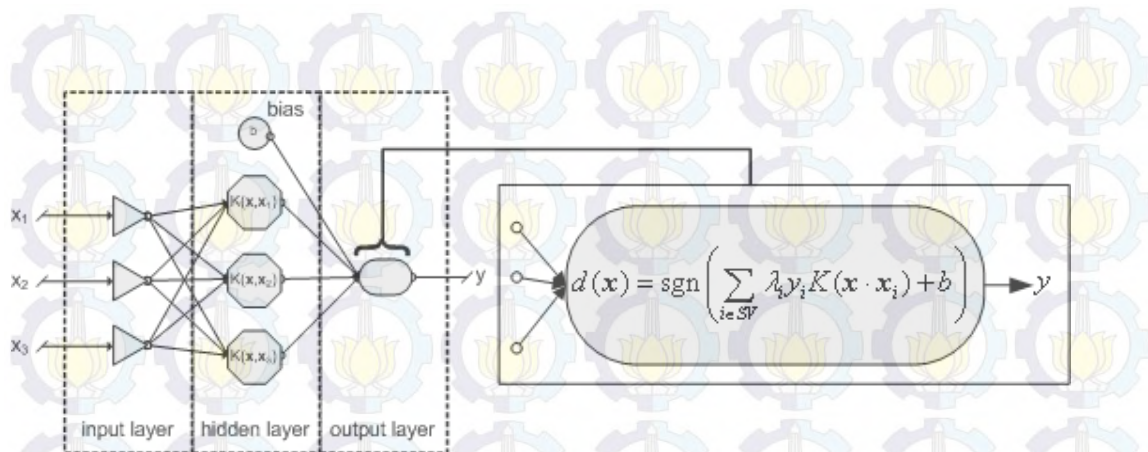
Rangkaian heater digunakan untuk menjaga agar suhu sampel berada di suhu yang konstan sehingga data yang diperoleh akan lebih baik. Rangkaian heater menggunakan menggunakan TRIAC dimana rangkaian ini dikontrol oleh mikrokontroler dengan set point suhu yang telah ditentukan. Adapun rangkaian heater ditunjukkan pada Gambar 3.13.

3.4.3. Perancangan Perangkat Lunak Electronic Nose

Untuk mengidentifikasi aroma madu digunakan deret sensor gas (e-nose) yang ditambah pompa udara yang tekanannya dikontrol secara konstan. Jenis aroma madu yang akan dikenali seperti aroma madu karet, madu kopi, dan madu randu. Sampel gas tersebut diambil untuk dikenali polanya masing-masing. E-nose yang digunakan untuk mendeteksi aroma madu akan mengeluarkan respon sinyal tegangan yang membentuk pola. Pola inilah yang digunakan dalam pengolahan sistem e-nose. Sebelum itu, sinyal dari enose diproses oleh mikrokontroler untuk diubah ke nilai digital kemudian dikirimkan ke komputer melalui komunikasi serial. Algoritma untuk mengidentifikasi jenis aroma madu menggunakan teknik pengklasifikasi Support Vector Machine (SVM) dengan metode one vs other. Program dirancang dalam komputer untuk pelatihan dan pengujian sistem e-nose untuk mengenali jenis gas. Adapun arsitektur SVM dengan metode *one vs others* untuk *e-nose* seperti ditunjukkan pada Gambar 3.14. Berdasarkan gambar 3.14, Support vector machine terdiri dari 3 kelas, dimana keluaran dari masing-masing sensor gas akan dijadikan sebagai masukan untuk tiap-tiap kelas SVM. Adapun arsitektur klasifikasi SVM untuk single class ditunjukkan pada gambar 3.15. Dengan bias merupakan support vector hasil dari pelatihan support vector machine.



Gambar 3.14 Arsitektur SVM untuk identifikasi jenis aroma madu



Gambar 3.15 Arsitektur klasifikasi SVM untuk single class

Adapun algoritma SVM untuk mengidentifikasi jenis aroma madu dibagi kedalam 2 tahap yaitu:

1. Tahap pelatihan

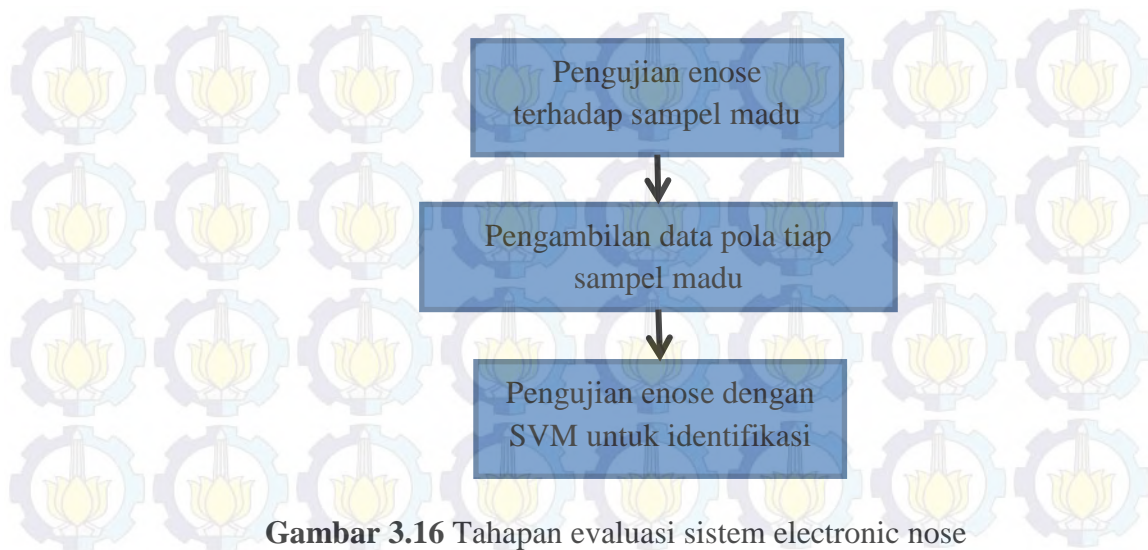
1. Menentukan jumlah kelas SVM biner.
2. Memetakan data dari input space ke bentuk feature space menggunakan Kernel Radial Basis Function seperti pada Persamaan (3.1).

$$K(\vec{x}, \vec{y}) = \exp(-\gamma \|\vec{x} - \vec{y}\|^2) \quad (3.1)$$

3. Menentukan nilai *support vector* dari nilai $\alpha \neq 0$ dengan menghitung nilai $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ (n : banyaknya data pelatihan) dari *Quadrating Programming* bentuk ganda pada Persamaan (2.10), dimana algoritma untuk menyelesaikan masalah pada Persamaan (2.10) ini dilakukan dengan mengikuti tahapan dari *sequential SVM* yang telah diuraikan dalam SubBab 2.10. Maka dari itu akan diperoleh data x_i yang berkorelasi dengan $\alpha \neq 0$ sebagai *support vector*.

2. Tahap Pengujian

1. Menentukan jumlah kelas SVM biner.
2. Memetakan data dari *input space* ke bentuk *feature space* menggunakan Kernel RBF sama seperti pada Persamaan (3.1).
3. Menghitung fungsi pengambilan keputusan terakhir menggunakan persamaan (2.16) dalam subbab 2.10.



3.5. Evaluasi Electronic-Nose

Tujuan evaluasi ini yaitu mengetahui apakah sistem electronic nose yang telah dirancang dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan. Pengambilan data percobaan akan dilakukan dalam beberapa tahap. Adapun tahapan evaluasi sistem electronic nose ditunjukkan pada Gambar 3.16.

3.6. Penggabungan Sistem Polarimeter dan Electronic-Nose

Setelah dilakukan pengujian terhadap sistem polarimeter dan sistem electronic nose, keduanya diintegrasikan menjadi satu. Sampel madu akan diakuisisi secara bersamaan baik data aromanya maupun data putaran rotasi optiknya. Kedua jenis data tersebut yang akan digunakan sebagai data untuk mengukur tingkat kualitas madu.

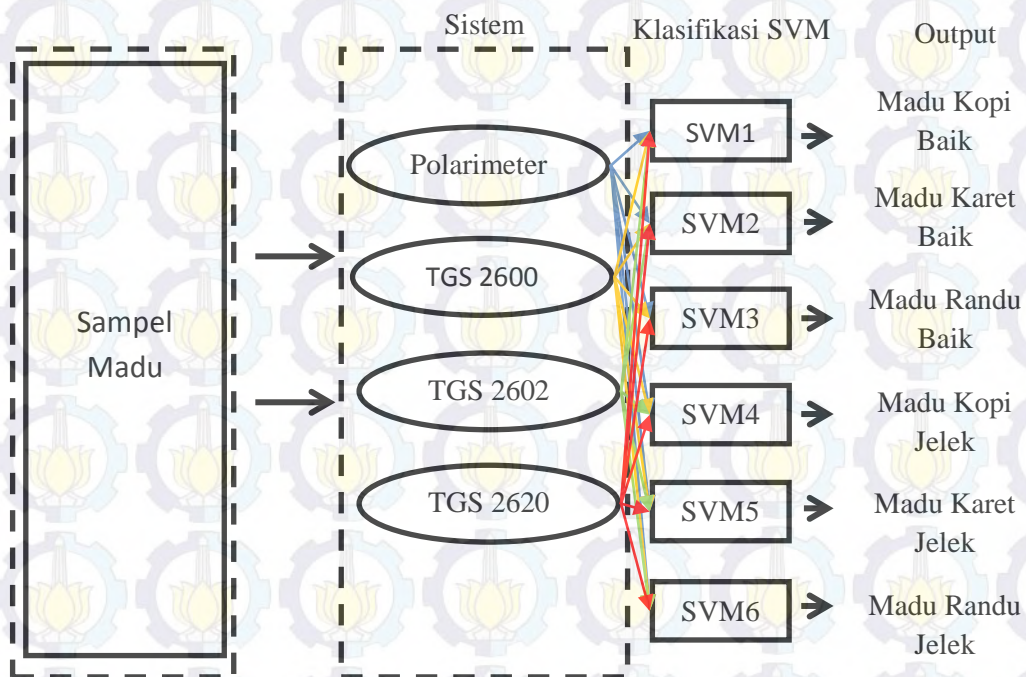
3.7. Pengujian Keseluruhan pada Sampel Acak

Pada tahapan dilakukan pengujian identifikasi kualitas madu dengan menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM). Sama halnya dengan identifikasi jenis aroma madu, akan tetapi dalam pengujian ini data polarimeter dan data electronic nose digunakan sebagai masukan algoritma pengenalan. . Adapun arsitektur SVM dengan metode *one vs others* untuk penggabungan sistem polarimeter dan electronic nose seperti ditunjukkan pada Gambar 3.17. Berdasarkan Gambar 3.17, Support vector machine terdiri dari 6 kelas, dimana

keluaran dari masing-masing sensor gas dan polarimeter akan dijadikan sebagai masukan untuk tiap-tiap kelas SVM.

3.8. Analisa Data

Setelah dilakukan tahapan percobaan akan diambil data dan dilanjutkan dengan menganalisa data yang diperoleh dari hasil percobaan tersebut.

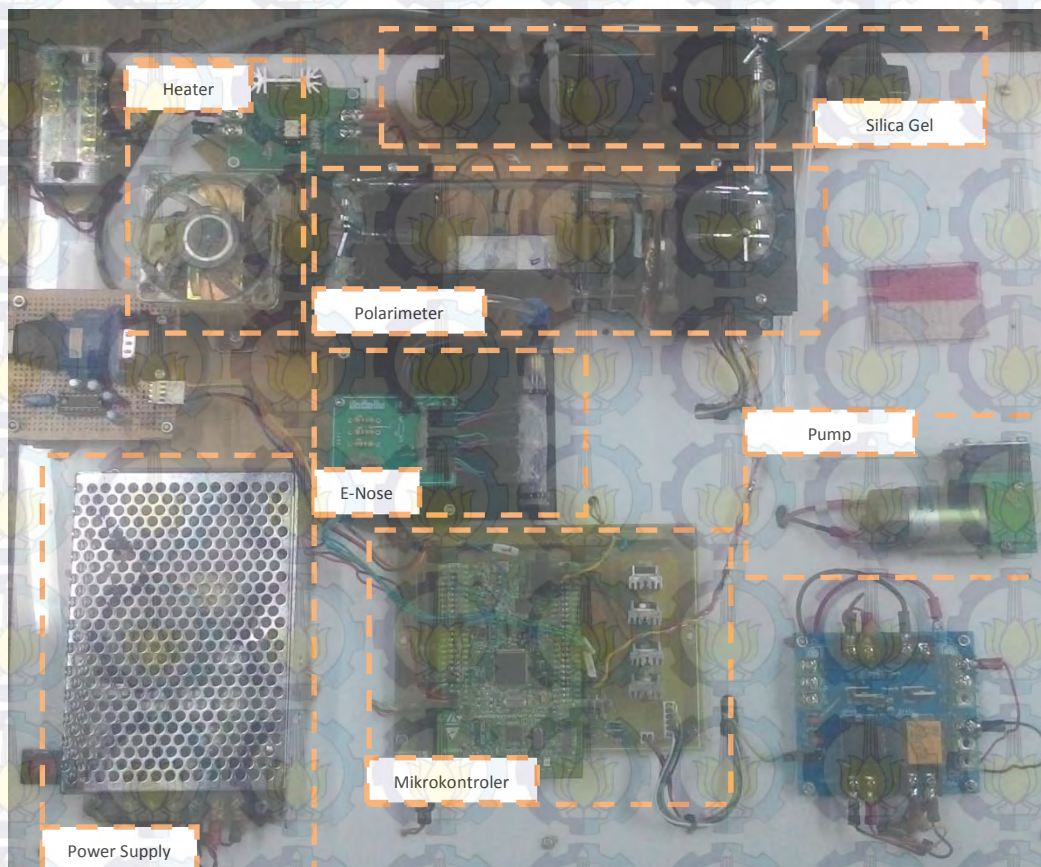


Gambar 3.17 Arsitektur SVM untuk identifikasi kualitas madu

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sistem polarimeter-electronic nose yang telah dirancang maka dilakukan pengujian untuk mengetahui kinerja dari sistem beserta analisa terhadap data yang diperoleh. Pengujian ini dilakukan secara terpisah atau perbagian dan menyeluruh untuk memudahkan dalam menganalisa dan menghindari adanya kesalahan. Pengujian polarimeter dilakukan pada bagian *hardware* dan *software* dengan pengambilan data berupa data kalibrasi polarimeter, data larutan fruktosa dan glukosa murni serta data sampel madu yang digunakan. Sedangkan untuk sistem electronic nose dilakukan pengujian untuk mengidentifikasi jenis madu. Kemudian kedua sistem ini diintegrasikan menjadi satu untuk mengidentifikasi kualitas sampel madu.



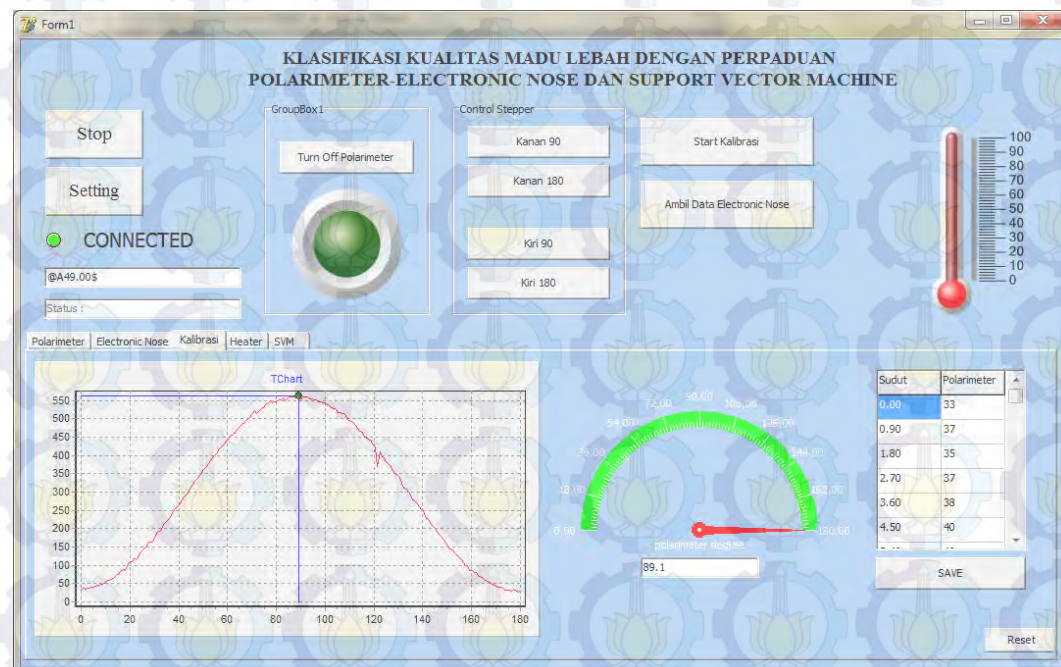
Gambar 4.1 Bentuk sistem polarimeter-electronic nose yang telah dibuat

4.1. Pengujian Polarimeter

Tujuan pengujian sistem polarimeter adalah untuk menguji kemampuan sistem polarimeter itu sendiri sebelum diintegrasikan dengan sistem electronic nose. Selain itu pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui apakah sistem polarimeter yang telah dirancang dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan.

4.1.1. Kalibrasi Polarimeter

Pada tahapan sistem polarimeter diuji dalam hal kalibrasi posisi awal dimana pengujian ini menggunakan larutan yang tidak dapat memutar bidang polarisasi atau disebut dengan larutan non optis aktif. Larutan yang digunakan dalam proses ini adalah aquades. Polarimeter akan melakukan *scanning* dari posisi -90 menuju +90, kemudian polarimeter akan mendapatkan titik dimana cahaya pada posisi tersebut paling terang. Posisi tersebut disimpan dan dijadikan sebagai titik nol polarimeter. Dari pengujian dilakukan bahwa sistem dapat melakukan proses kalibrasi dan menyimpan posisi titik nol yang akan digunakan ke dalam pencarian rotasi optik sampel madu.



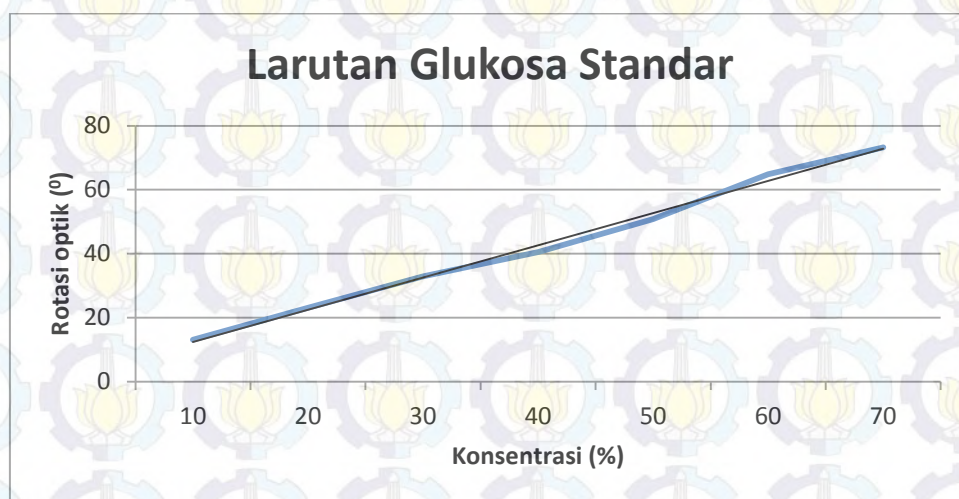
Gambar 4.2 Tampilan proses kalibrasi polarimeter

4.1.2. Pengambilan Data Larutan Glukosa dan Fruktosa Standar

Pada tahapan pengujain ini sistem polarimeter diuji dengan mengukur putaran rotasi optis suatu larutan standart Glukosa dan Fruktosa. Menurut sifat putaran optisnya larutan glukosa memiliki sifat dexro rotary, dimana rotasi optisnya ke arah positif. Sedangkan larutan fruktosa memiliki sifat levo rotary yaitu rotasi optisnya ke arah negatif. Setelah dilakukan pengujian larutan standart didapatkan bahwa sistem polarimeter mampu membaca rotasi optis larutan standart glukosa dan fruktosa, dimana glukosa memutar bidang polarisasi ke kanan positif sedangkan fruktosa ke arah negatif.

Tabel 4.1. Putaran optis larutan glukosa standar

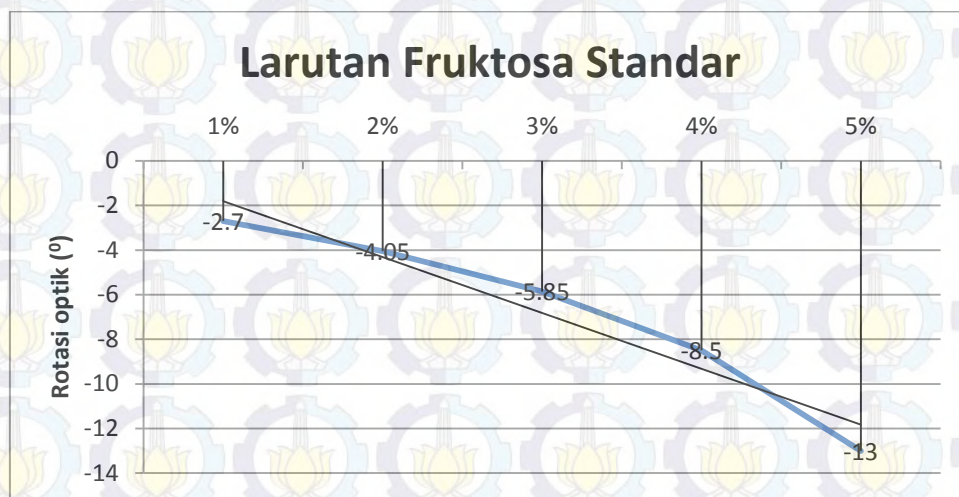
Glukosa	Putaran Optis		
	I	II	Rata-rata
10%	12.6	13.5	13.05
20%	22.5	23.6	23.05
30%	33.3	32.5	32.9
40%	39.6	41.4	40.5
50%	51.3	50.4	50.85
60%	64.8	64.8	64.8
70%	72.9	73.8	73.3



Gambar 4.3 Kurva konsentrasi terhadap rotasi optis larutan standar

Tabel 4.2. Putaran optis larutan fruktosa standart

Fruktosa	Putaran Optis		
	I	II	Rata-rata
1%	-2.7	-2.7	-2.7
2%	-4.5	-3.6	-4.05
3%	-5.4	-6.3	-5.85
4%	-9	-8.1	-8.5
5%	-13.5	-12.6	-13.05



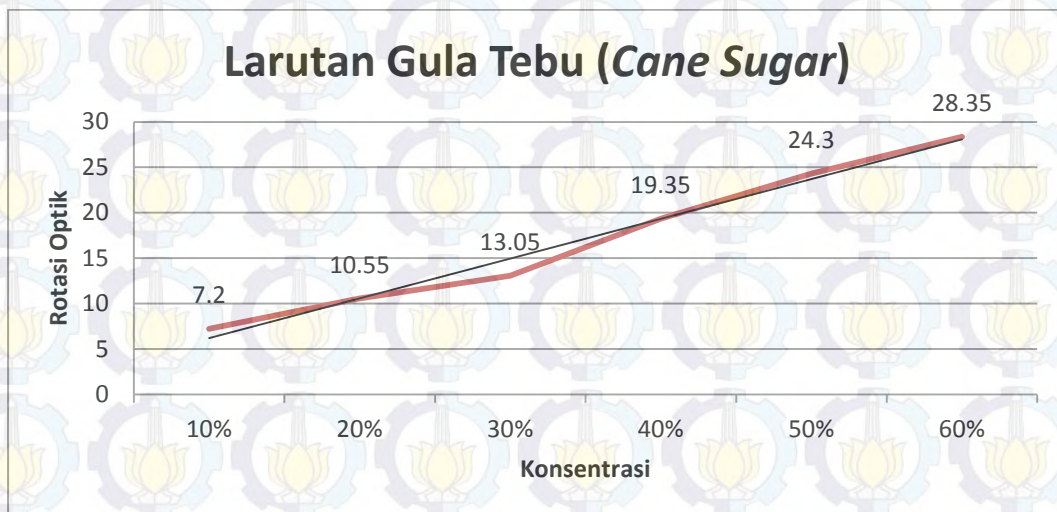
Gambar 4.4 Kurva konsentrasi terhadap rotasi optis larutan standar

4.1.3. Pengambilan Data Larutan Gula Tebu (*Cane Sugar*)

Pada tahapan pengujain ini sistem polarimeter diuji dengan mengukur putaran rotasi optis suatu larutan gula tebu atau lebih dikenal dengan *cane sugar*. Gula tebu adalah salah satu zat yang sering digunakan dalam pemalsuan madu. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan digunakan larutan gula tebu sebagai bahan campuran madu yang akan dijadikan sebagai data pelatihan jenis madu buruk. Setelah dilakukan pengujian larutan gula tebu dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konstentrasi larutan gula tebu, maka rotasi optis nya akan semakin ke arah positif. Sehingga larutan gula tebu memiliki sifat senyawa dekstro.

Tabel 4.3. Putaran optis larutan gula tebu (*cane sugar*)

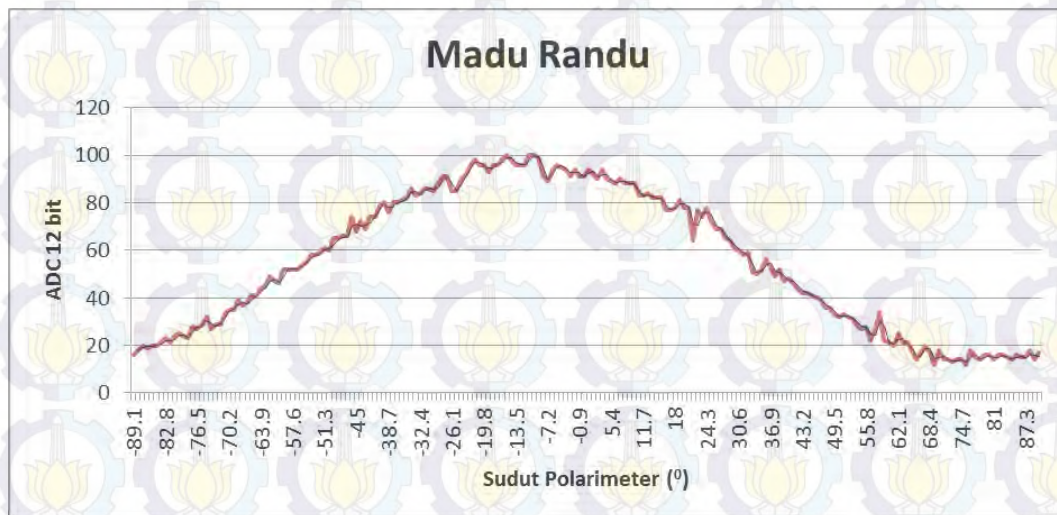
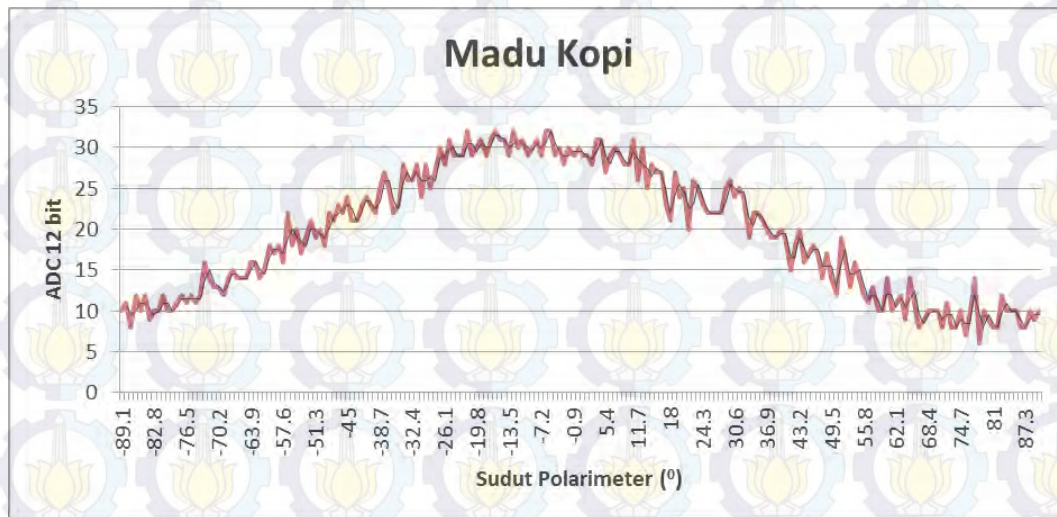
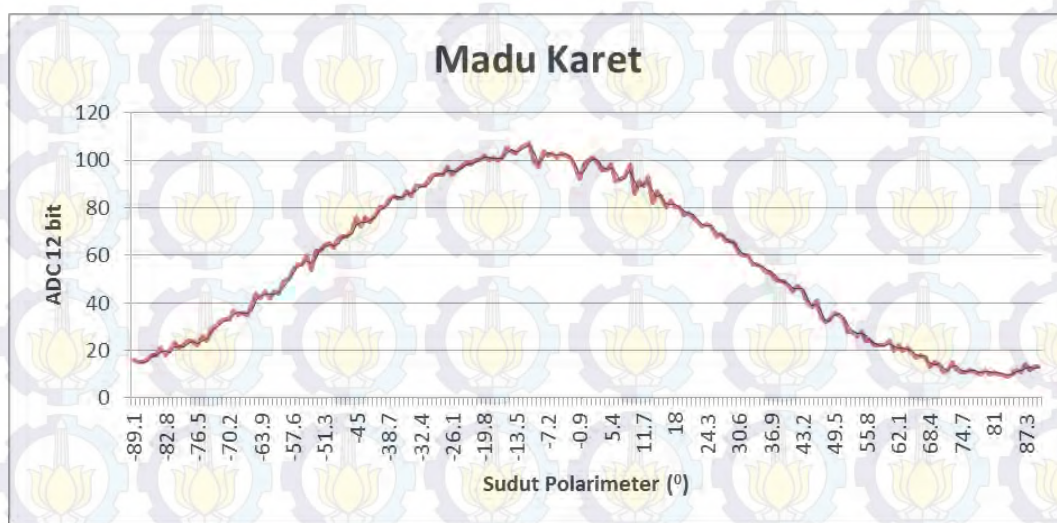
Konsentrasi	Putaran Optis		
	I	II	Rata-rata
10%	6.3	8.1	7.2
20%	12.1	9	10.55
30%	12.6	13.5	13.05
40%	17.1	21.6	19.35
50%	24.3	24.3	24.3
60%	27	29.7	28.35



Gambar 4.5 Kurva konsentrasi terhadap rotasi optis larutan gula tebu.

4.1.4. Pengambilan Data Sampel Madu

Pengujian pengambilan sudut untuk tiap jenis madu dilakukan dengan cara memberikan sampel madu ke dalam tabung, dengan sebelumnya polarimeter di atur pada titik nol derajat. Hal ini bertujuan bertujuan untuk meningkatkan keakuratan polarimeter dalam mengukur tingkat kadar glukosa ataupun fruktosa dalam madu. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa sampel madu jenis madu karet memiliki sudut rotasi optik sebesar -10.8° , madu kopi sebesar -11.7° , dan madu randu sebesar -10.8° .



Gambar 4.6 Grafik rotasi optik sampel madu

4.1.5. Pengambilan Data Sampel Madu Campuran

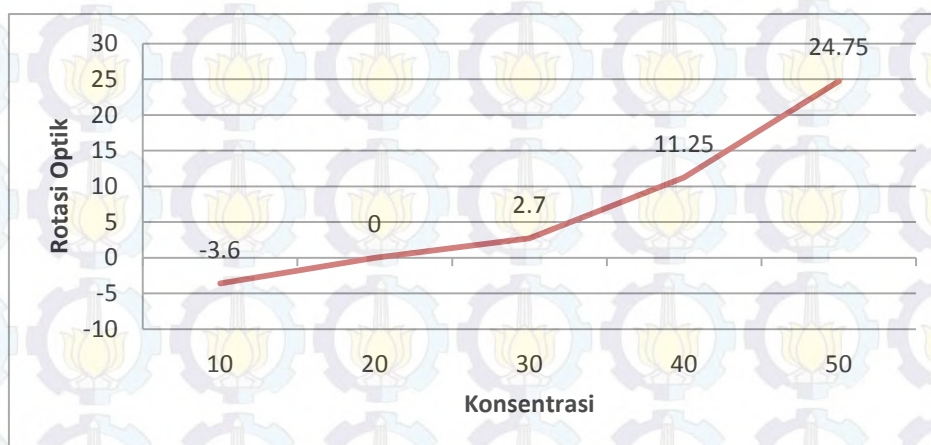
Pada tahapan pengujian ini sistem polarimeter diuji dengan mengukur putaran rotasi optis sampel madu yang ditambahkan dengan suatu larutan standart Glukosa dan Fruktosa. Jenis madu yang digunakan adalah madu karet dimana memiliki rotasi optis -10.8^0 . Menurut hasil pengujian semakin tinggi tingkat pencampuran madu dengan larutan glukosa maka rotasi optiknya semakin ke arah positif. Hal ini disebabkan glukosa memiliki sifat dextro rotary.

4.2. Pengujian Electronic-Nose

Tujuan pengujian sistem electronic nose adalah untuk menguji kemampuan sistem electronic nose itu sendiri sebelum diintegrasikan dengan sistem polarimeter. Selain itu pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui apakah sistem electronic nose yang telah dirancang dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan.

Tabel 4.4. Putaran optis larutan madu campuran

Glukosa	Putaran Optis		
	I	II	Rata-rata
10	-4.5	-2.7	-3.6
20	0	0	0
30	1.8	3.6	2.7
40	9	13.5	11.25
50	25.2	24.3	24.75



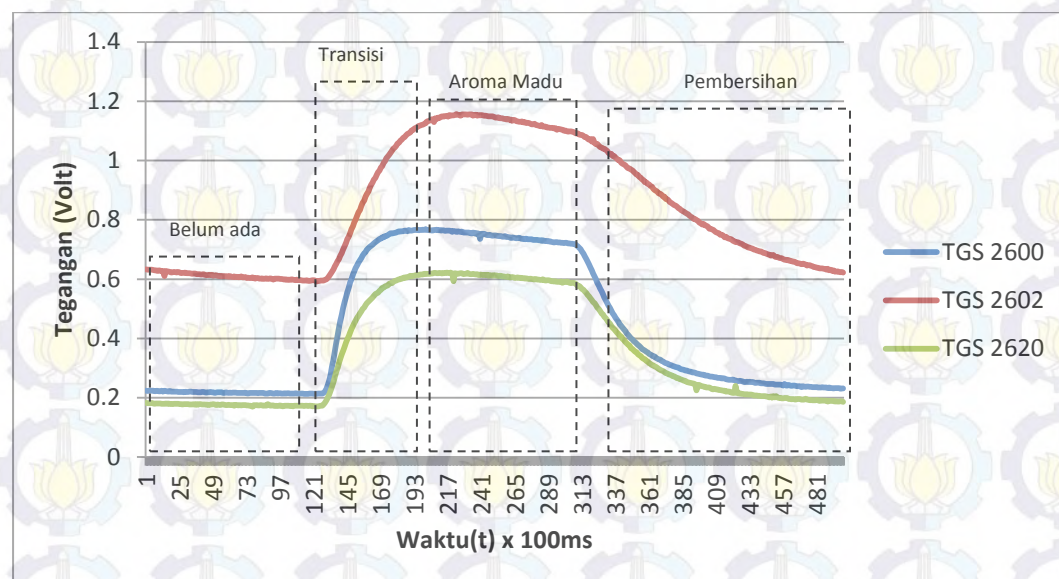
Gambar 4.7 Kurva konsentrasi terhadap rotasi optis madu campuran

4.2.1. Pengujian Sensor Gas Untuk Sampel Madu

Pengujian sensor gas dengan memberikan sampel aroma madu kepada tiga sensor gas yaitu TGS2600, TGS2602, dan TGS2620. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa tiga buah sensor gas dapat mendeteksi aroma sampel madu. Respon keluaran dari sensor gas dikonversi ke bentuk nilai *Analog to Digital Converter* (ADC) 12 bit dengan tegangan referensi ADC sebesar 3 Volt. Respon dari tiga sensor gas dalam mendeteksi aroma sampel madu ditunjukkan pada Gambar 4.6.

4.2.2. Pengambilan Pola Tegangan Sensor Gas Untuk Setiap Sampel Madu

Pada pengujian sensor gas digunakan tiga buah sampel madu yaitu madu karet, madu kopi, dan madu randu. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali terhadap jenis madu yang diuji, dimana pola yang dibentuk dari deret sensor gas disimpan untuk dilatih menggunakan metode pengenalan pola. Respon dari madu karet ditunjukkan pada Tabel 4.4. Respon dari madu kopi ditunjukkan pada Tabel 4.5. Respon dari madu randu ditunjukkan pada Tabel 4.6.



Gambar 4.6 Pengujian sensor gas terhadap sampel madu

Tabel 4.5. Respon dari madu karet

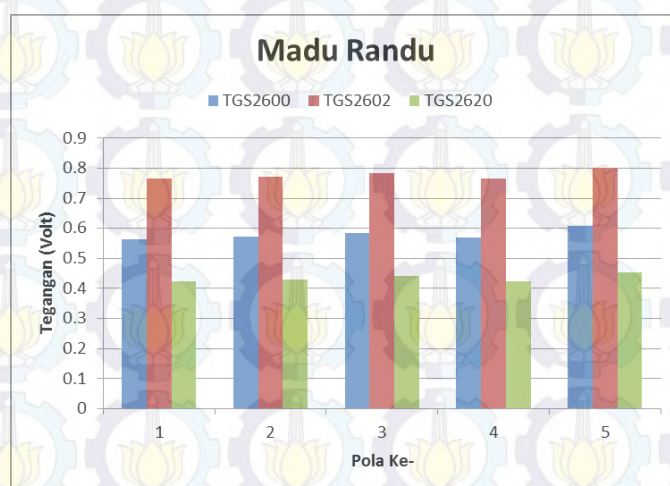
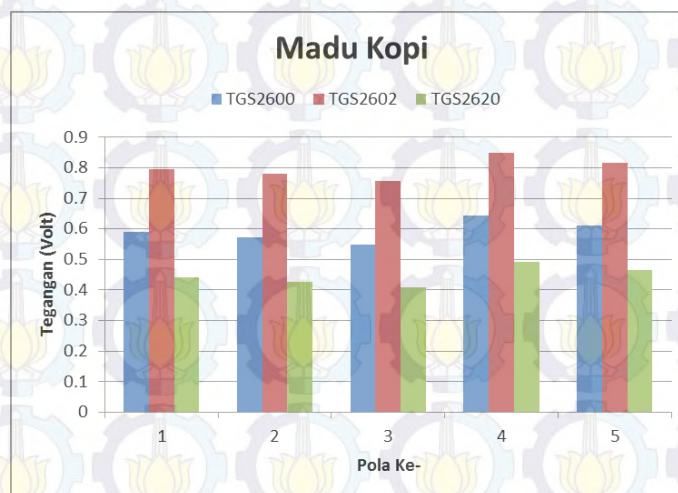
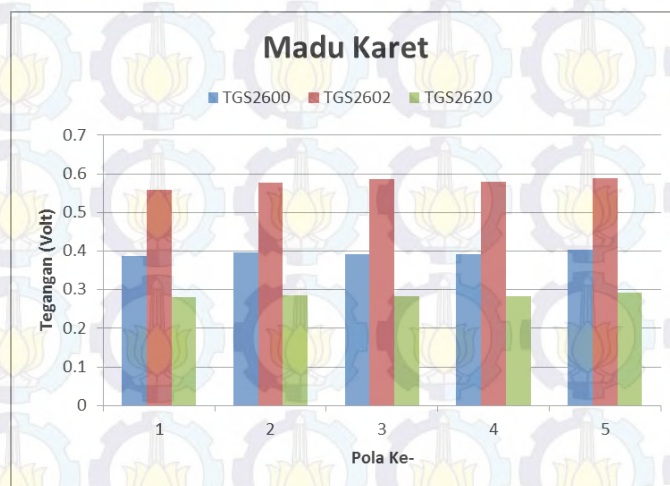
Pola Ke-	Tegangan rata-rata (Volt)		
	TGS 2600	TGS 2602	TGS 2620
1	0.781072	1.242839	0.642335
2	0.737309	1.130055	0.603735
3	0.707296	1.058416	0.577518
4	0.71509	1.065466	0.58542
5	0.686975	1.004059	0.560091

Tabel 4.6. Respon dari madu kopi

Pola Ke-	Tegangan rata-rata (Volt)		
	TGS 2600	TGS 2602	TGS 2620
1	1.542917	2.308929	1.301519
2	1.434156	2.145115	1.201946
3	1.389479	2.069705	1.161929
4	1.344719	2.000709	1.121888
5	1.280682	1.912436	1.065946

Tabel 4.7. Respon dari madu randu

Pola Ke-	Tegangan rata-rata (Volt)		
	TGS 2600	TGS 2602	TGS 2620
1	1.876347	2.592554	1.576917
2	1.743782	2.436546	1.457647
3	1.590068	2.292452	1.324218
4	1.534835	2.245313	1.278725
5	1.336384	2.009752	1.108989



Gambar 4.9 Grafik pola sampel madu yang di normalisasi

4.2.3. Pengujian Electronic Nose dengan SVM Untuk Identifikasi Gas

Pengujian electronic nose dengan svm untuk identifikasi gas dilakukan untuk dapat mengetahui tingkat keakuratan electronic nose dalam mengidentifikasi aroma madu. Dari tiap 5 data pengujian tiap sampel madu, diadapatkan tingkat keberhasilan sebesar 73.333%.

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Sensor Gas Mengidentifikasi Jenis Madu

No	Jenis sampel	Pengujian	Status	% Hasil
1	Karet	1	Sesuai	100%
2		2	Sesuai	
3		3	Sesuai	
4		4	Sesuai	
5		5	Sesuai	
6	Kopi	1	Gagal	60%
7		2	Sesuai	
8		3	Sesuai	
9		4	Sesuai	
10		5	Gagal	
6	Randu	1	Sesuai	60%
7		2	Sesuai	
8		3	Gagal	
9		4	Sesuai	
10		5	Gagal	

4.2.4. Pengambilan Pola untuk Kategori Kualitas Madu

Pada pengambilan pola untuk kategori kualitas madu, sampel madu diuji dengan polarimeter dan deret sensor gas secara bersamaan. Dimana pola tersebut akan digunakan untuk mengkategorikan sampel madu berdasarkan kualitas. Kualitas sampel madu dibagi menjadi 2 yaitu kualitas baik dan kualitas buruk. Kualitas madu buruk merupakan madu yang sebelumnya telah ditambahkan larutan gula tebu (*cane sugar*) dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Respon dari madu karet baik ditunjukkan pada Tabel 4.8. Respon dari madu kopi baik ditunjukkan pada Tabel 4.9. Respon dari madu randu baik ditunjukkan pada Tabel 4.10. Sedangkan untuk Respon dari madu karet buruk ditunjukkan pada Tabel 4.11. Respon dari madu kopi buruk ditunjukkan pada Tabel 4.12. Respon dari madu randu buruk ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.9. Pola Kualitas Madu Karet Baik

Pola Ke-	Data			
	Polarimeter	TGS 2600	TGS 2602	TGS 2620
1	-10.8	1.161724614	1.678100042	0.841734222
2	-10.8	1.189935747	1.727604636	0.859424728
3	-17.1	1.172809704	1.762156969	0.84980484
4	-5.4	1.177613643	1.737620849	0.849948958
5	-6.3	1.210088272	1.764066535	0.876082388

Tabel 4.10. Pola Kualitas Madu Kopi Baik

Pola Ke-	Data			
	Polarimeter	TGS 2600	TGS 2602	TGS 2620
1	-21.6	1.771008227	2.39053624	1.326535759
2	-21.6	1.715798955	2.337752957	1.28140275
3	-10.8	1.646946496	2.266882844	1.226613823
4	-14.4	1.930559058	2.551083889	1.476178466
5	-14.4	1.833591545	2.448723954	1.393142377

Tabel 4.11. Pola Kualitas Madu Randu Baik

Pola Ke-	Data			
	Polarimeter	TGS 2600	TGS 2602	TGS 2620
1	-15.3	1.689473	2.295827	1.2671951
2	-8.1	1.714442	2.315871	1.286062571
3	-9	1.755299	2.353138	1.327208311
4	-3.6	1.707644	2.298781	1.273764487
5	-11.7	1.822518	2.406197	1.363778298

Tabel 4.12. Pola Kualitas Madu Karet Buruk

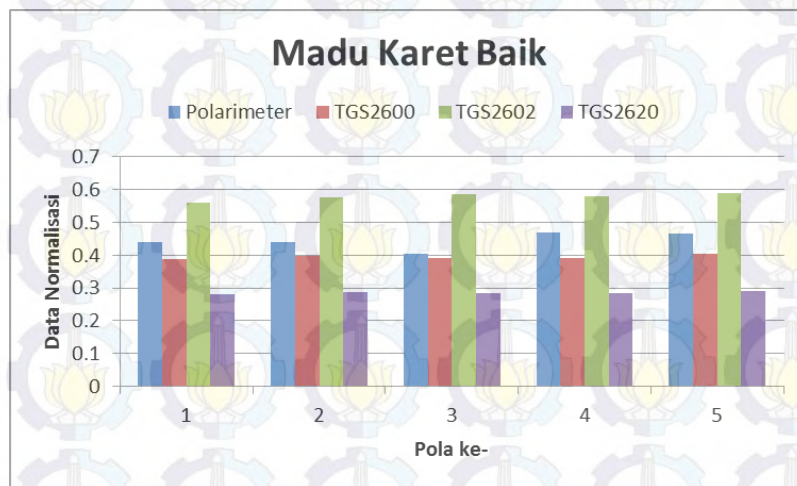
Pola Ke-	Data Normalisasi			
	Polarimeter	TGS 2600	TGS 2602	TGS 2620
1	10.8	1.134882604	1.690302048	0.833759683
2	0.9	1.057947517	1.552729238	0.765435657
3	7.2	1.019311836	1.463496067	0.729982586
4	2.7	1.088428511	1.579511199	0.780315859
5	4.5	1.059016393	1.521119318	0.760835885

Tabel 4.13. Pola Kualitas Madu Kopi Buruk

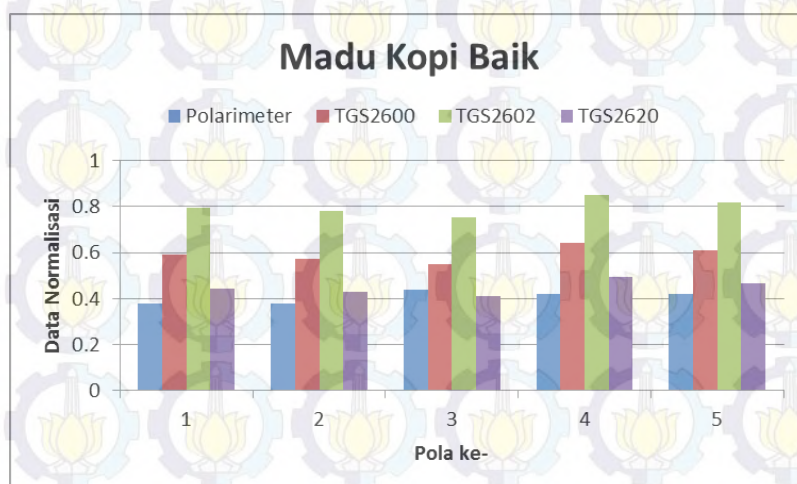
Pola Ke-	Data Normalisasi			
	Polarimeter	TGS 2600	TGS 2602	TGS 2620
1	4.5	1.423959647	2.014447847	1.044052123
2	-0.9	1.420428752	1.994991893	1.041626133
3	10.8	1.417930703	1.979078845	1.03875578
4	9.9	1.628943734	2.214315739	1.207614244
5	9	1.570888128	2.144574551	1.160343482

Tabel 4.14. Pola Kualitas Madu Randu Buruk

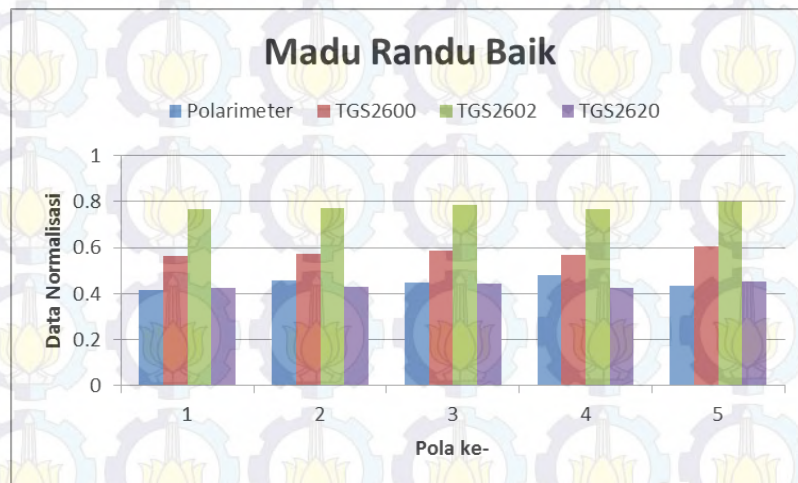
Pola Ke-	Data Normalisasi			
	Polarimeter	TGS 2600	TGS 2602	TGS 2620
1	-0.9	1.451883	2.004552	1.064540924
2	0	1.435837	1.975332	1.052567105
3	0	1.412034	1.927581	1.035669249
4	0	1.353005	1.867231	0.965916051
5	0.9	1.383907	1.902	1.008334835



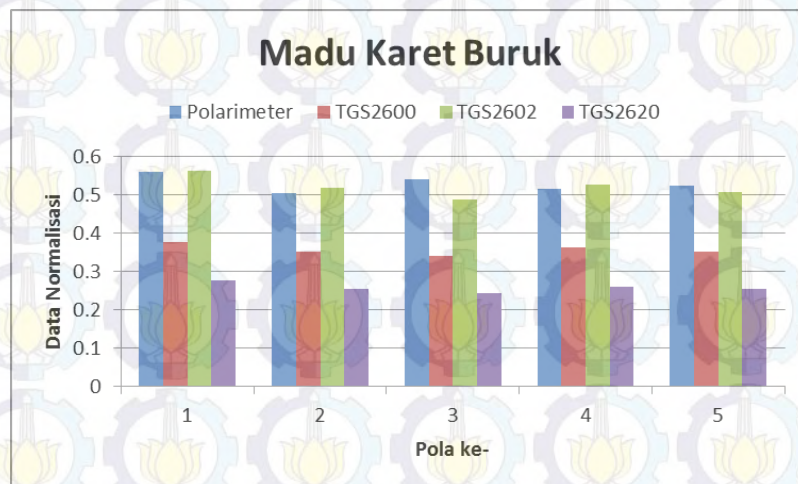
Gambar 4.10 Grafik pola sampel madu Karet kategori baik



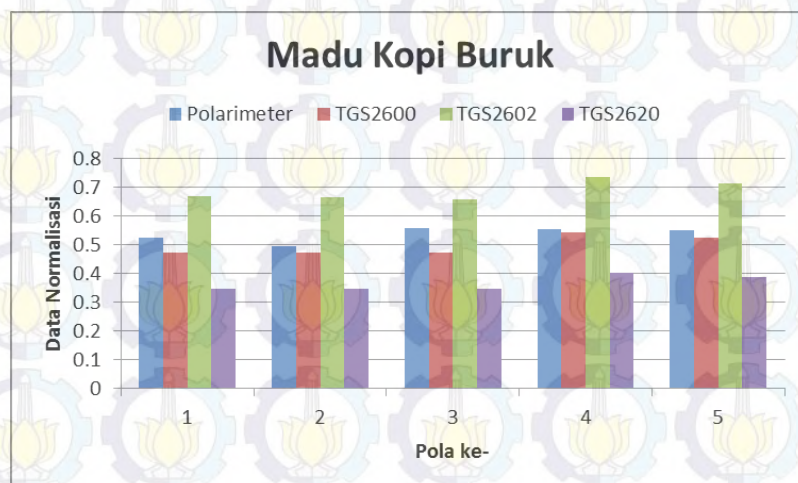
Gambar 4.11 Grafik pola sampel madu kopi kategori baik



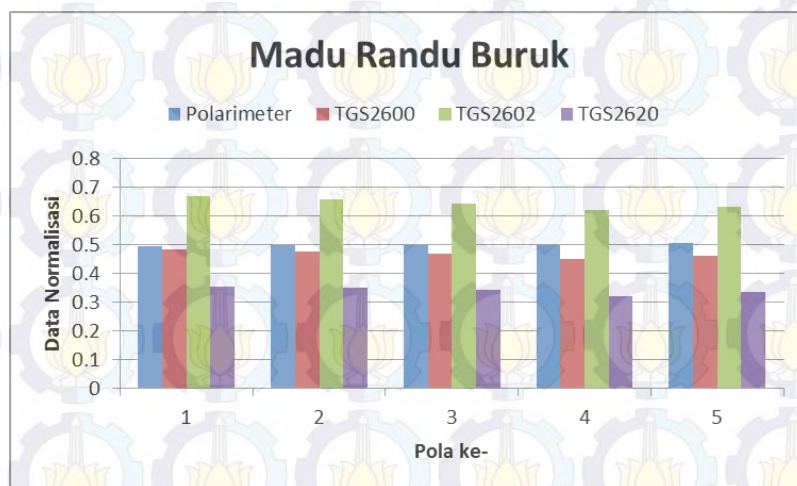
Gambar 4.12 Grafik pola sampel madu Randu kategori baik



Gambar 4.13 Grafik pola sampel madu Karet kategori buruk



Gambar 4.14 Grafik pola sampel madu kopi kategori buruk



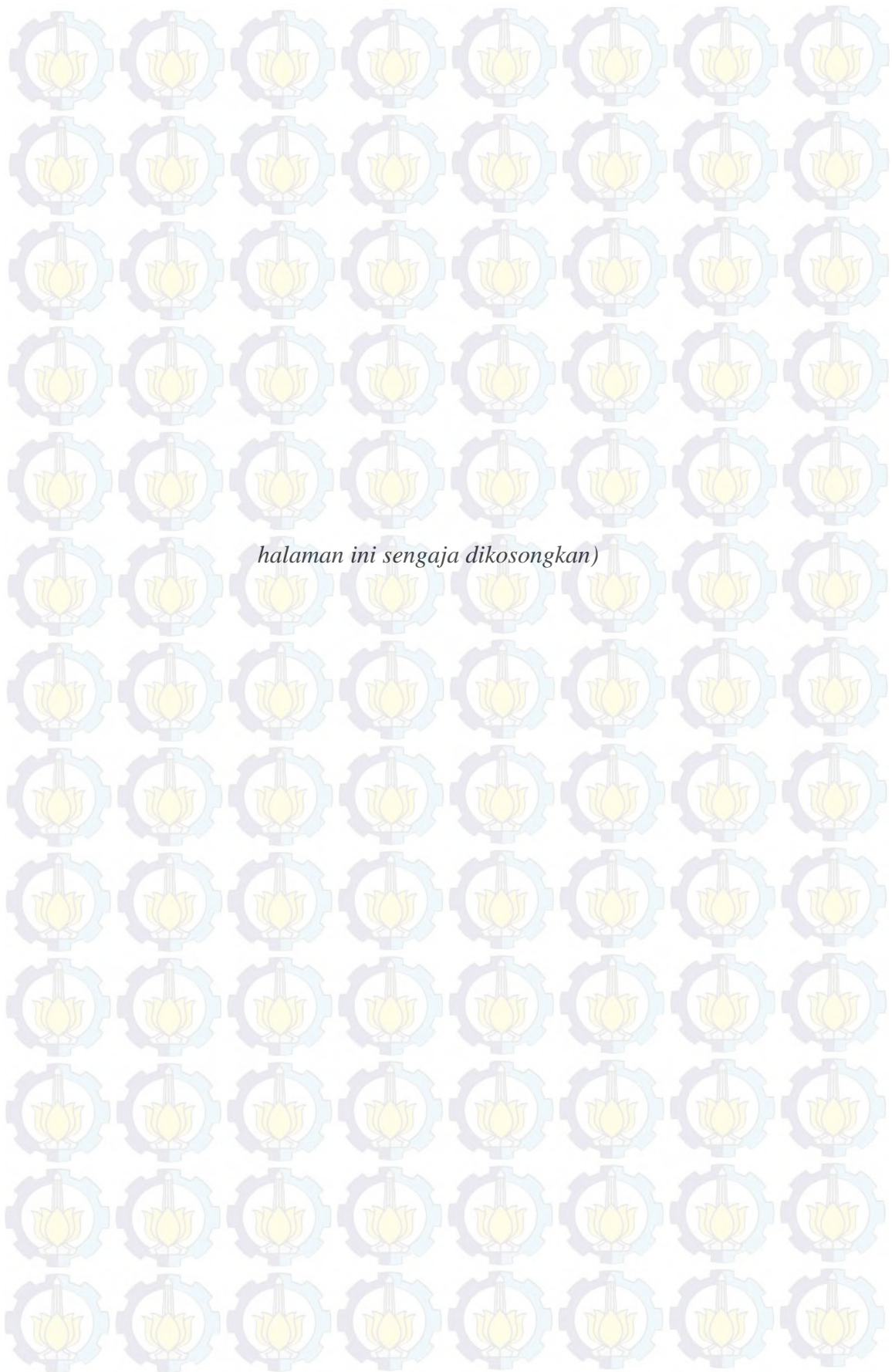
Gambar 4.15 Grafik pola sampel madu randu kategori buruk

4.2.5. Pengujian Sistem Mengidentifikasi Kualitas Madu

Pengujian sistem electronic nose dan polarimeter dengan support vector machine untuk identifikasi kualitas madu dilakukan untuk dapat mengetahui tingkat keakuratan sistem dalam mengidentifikasi kualitas madu. Dari tiap 5 data pengujian tiap sampel kualitas madu, didapatkan tingkat keberhasilan sebesar 66.667%.

Tabel 4.15. Hasil Pengujian Sistem Mengidentifikasi kualitas madu

No	Jenis sampel	Pengujian	Status	% Hasil	Jenis sampel	Pengujian	Status	% Hasil
1	Karet Baik	1	Sesuai	80%	Karet Buruk	1	Sesuai	80%
2		2	Sesuai			2	Sesuai	
3		3	Gagal			3	Sesuai	
4		4	Sesuai			4	Sesuai	
5		5	Sesuai			5	Gagal	
6	Kopi Baik	1	Sesuai	40%	Kopi Buruk	1	Sesuai	60%
7		2	Gagal			2	Sesuai	
8		3	Sesuai			3	Sesuai	
9		4	Gagal			4	Gagal	
10		5	Gagal			5	Gagal	
6	Randu Baik	1	Sesuai	80%	Randu Buruk	1	Sesuai	60%
7		2	Sesuai			2	Sesuai	
8		3	Gagal			3	Gagal	
9		4	Sesuai			4	Sesuai	
10		5	Sesuai			5	Sesuai	



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perancangan, pembuatan, pengujian dan analisa sistem pada penelitian dengan judul “Klasifikasi Kualitas Madu Lebah Dengan Perpaduan Polarimeter-Electronic Nose dan Support Vector Machine” ini, penulis mendapatkan kesimpulan serta memberikan saran yang akan berguna bagi pengembangan penelitian ini.

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dirancang dan dibuat alat untuk mengetahui kualitas madu menggunakan polarimeter dan deret sensor gas. Tiga jenis madu digunakan untuk sampel percobaan yaitu madu randu, kopi dan karet. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem polarimeter dapat menunjukkan bahwa madu baik memiliki putaran optis cenderung ke arah kiri(negatif) sedangkan untuk madu campuran memiliki putaran optis cenderung ke arah kanan(positif). Serta sistem electronic nose dan algoritma pengenalan support vector machine dapat mengidentifikasi aroma madu dengan tingkat keberhasilan 73.3%. Sedangkan perpaduan sistem electronic nose-polarimeter dan support vector machine untuk mengidentifikasi kualitas madu memiliki tingkat keberhasilan 66,67%.

5.2. Saran

Pada perancangan sistem “Klasifikasi Kualitas Madu Lebah Dengan Perpaduan Polarimeter-Electronic Nose dan Support Vector Machine” dalam segi hardware masih membutuhkan waktu lama dalam memasukkan larutan sampel ke dalam tabung sampel sehingga perlu ditambahkan sistem otomasi sehingga larutan sampel dapat lebih cepat teridentifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, (2013). Standar Nasional Indonesia SNI 01-3545-2004, Pusat Standarisasi Industri. Departemen Perindustrian Indonesia.

Asri, S.A. (2011). “Aplikasi Pengenalan Wajah Dengan Menggunakan Metode Klasifikasi Support Vector Machine (SVM)”. *Jurnal Logic*. Vol. 11, No. 1. Hal. 57-61.

Burges, C. (1998). *A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition*. Data Mining and Knowledge Discovery. Hal. 121-167.

Hasan, N., Ejaz, N., Ejaz, W., and Kim, H.S. (2012). “Malicious Odor Item Identification using an Electronic Nose based on Support Vector Machine Classification”. *The 1st IEEE Global Conference on yConsumer Electronics*. Hal. 399-400.

Frianto, H.T., dan Rivai, M. (2008). “Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dan Self Organizing Map Menggunakan Sensor gas Semikonduktor Sebagai Identifikasi Jenis Gas”. *Seminar Nasional Informatika*, UPN “Veteran”, Yogyakarta. Hal. 219-228.

Lanzhen C, (2012). “Classification of Chinese honeys according to their floral origin by near infrared spectroscopy”. *Jurnal Food Chemistry* 135 (2012) 338–342.

Luis G., Eduardo G B, José G, Miguel A. (2012). “Classification of honeys of different floral origins by artificial neural networks”. *IEEE sensor*. Hal. 1780 - 1783

Purbaya, J.R. (2007). *Mengenal dan Memanfaatkan Khasiat Madu Alami*. Penerbit Pinonir Jaya. Hasan, Bandung.

Sihombing, D. 1997. *Ilmu Ternak Lebah Madu*. Gadjah Mada Universitas Press, Yogyakarta.

Simona B. (2004). “Electronic nose and neural network use for the classification of honey”. *Jurnal Apidologie*, vol. 35, no. 4, pp. 397-402.

Soedjojo, Peter. 1997. *Azas-azas ilmu fisika, jilid 3*. Gadjah Mada Universitas Press, Yogyakarta.

BIODATA PENULIS



Rizki Anhar Ramadhan Putra dilahirkan di Surabaya 02 April 1992. Anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Sugijanto dan Endang Oetari. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN Sawunggaling 2 Surabaya dilanjutkan dengan pendidikan menengah di SMPN 32 Surabaya dan SMAN 15 Surabaya. Pada tahun 2010, penulis memulai pendidikan di jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Sambil menyelesaikan studi di tahap sajana di semester akhir, pada tahun 2013 penulis mendapatkan beasiswa Fast-Track untuk meneruskan pendidikan di Program Magister Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan memilih bidang keahlian Teknik Elektronika Industri.

Email :

rizki.anhar10@mhs.ee.its.ac.id

rizkipain50@gmail.com